

"

"

V - VI

“

”

2013

"

"

V - VI

“

”

“

”

13 07.06.2013

2013

“ ”
 “ ”
 / : . , . , .
 . , . — : , 2013 – 168 . /

: . . — ,
 . . — ,
 . . — ,
 . . —
 . . —

		5
		7
1.		- 14
	()	
2.		15
2.1.		15
2.2.		17
2.3.	1000	20
2.4.	1000	22
2.5.		23
2.6.		27
3.		29
3.1.		29
3.2.		29
3.3.		30
3.4.		31
3.5.		34
4.		38
4.1.		38
4.2.		38
5.		41
5.1.		41
5.2.		46
6.		50
7.		54
8.		56
9.		60
9.1.		60
9.2.		62
10.		63
11.		65
11.1.		65
11.2.	,	67
11.3.		74
11.4.		78
12.		83
12.1.		87
12.2.		88
12.3.		89

13.	.	,	91
14.			92
14.1.			94
14.2.	,		94
15.			100
15.1.		()	100
15.2.			111
15.3.			122
16.			124
17.			130
17.1.			130
17.2.			131
17.3.			133
18.			136
18.1.			136
18.2.	-		144
			149
			150

, . - ,
 , ,
 (,), .
 , ,
 , ,
 , ,
 , - .
 , ,
 ,
 .
 .
 -
 .
 ,
 .
 ,
 .

1. .
2. -
3. .
- 3.1. .
- 3.2. 1000 .
- 3.3. 1000 .
- 3.4. .
- 3.5. .
4. .
- 4.1. .
- 4.2. .
- 4.3. .
- 4.4. .
- 4.5. .
5. .
6. .
- 6.1. .
- 6.2. ,
- 6.3. .
- 6.4. .
7. .
- 7.1. .
- 7.2. .
- 7.3. .
8. .
- 8.1. .
- 8.2. ,
- 8.3. .
9. .

9.1.	.
9.2.	, .
9.3.	.
10.	
	.
10.1.	.
10.2.	.
10.3.	.
11.	.
12.	.
12.1.	.
12.2.	
	.
12.3.	.
13.	, .
14.	.
15.	.
16.	.
17.	
1.	.
2.	.
3.	.
4.	.
5.	.
6.	.
7.	.
8.	.
1.	.
2.	
	.
3.	.

- 3.1.
- 3.2. 1000
- 3.3. 1000
- 3.4.
- 3.5.
- 4.
- 4.1.
- 4.2.
- 4.3.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9. (
- , ,).
- 10.
- 10.1.
- 10.2. 1000
- 10.3. 1000
- 10.4.
- 11.
- 11.1.
- 11.2.
- 11.3.
- 12.
- 13.
- 14. -
- 15.
- 1.
- 2.

3. ()
4. (,
-).
- 5.
- 6.
7. -
- 8.

- 1.
- 2.
- 3.
- 3.1.
- 3.2.
- 3.3.
- 3.4.
- 3.5.
- 4.
- 4.1.
- 4.2.
- 5.
- 6.
- 7.
- 7.1.
- 7.2.
8. (
-).
- 9.
- 10.1.
- 10.2.
- 10.3.
- 10.4.
- 11.

12. .
13. .
14. ,).
15. .
16. - .
17. .

1. .
2. .
3. ()
4. (,)).
5. .
6. .
7. - .
8. .

1. .
2. .
3. .
- 3.1. .
- 3.2. 1000 .
- 3.3. 1000 .
- 3.4. .
- 3.5. .
4. .
- 4.1. .
- 4.2. .
- 4.3. .
- 4.4. .
- 4.5. .
5. .

- 5.1.
- 5.2.
- 6.
- 6.1.
- 6.2.
- 7.
- 7.1.
- 7.2.
- 7.3.
- 8.
- 8.1.
- 8.2.
- 9.
- 9.1.
- 9.2.
- 9.3.
- 10.
- 10.1.
- 10.2.
- 10.3.
- 11.
- 11.1.
- 11.2.
- 11.3.
- 12.
- 13.
- 13.1.
- 13.3.
- 14.
- 15.
- 16.

17.

18.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

I.

- ()

,

,

,

-

()

;

,

()

.

,

,

.

,

:

,

,

-

,

-

.

:

-

L

,

,

-

.

,

(

)

.

.

,

.

,

,

-

(

),

-

,

.

,

3-

3

-

(

),

(

)

(

/

,

).

2.

2.1.

;

$$= \cdot F, \quad (2.1)$$

6-10 / ² 18-20 / ² (:
/ ²; F – , (),
) , ².

;

$$= i \cdot \cdot , \quad (2.2)$$

₁ – , -
(), ₁=1,0;
₁=1,2; ₁=1,05;
₁=1,12; – , 2.1.

2.1.

,	
,	0,95
,	0,85
- , -	0,8
	0,6

;

$$Q = \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.3)$$

$\operatorname{tg} \varphi$

$\cos \varphi$: $\cos \varphi = 1$;
– $\cos \varphi = 0,9$ $\cos \varphi = 1$
;
 $\cos \varphi = 0,5$.

(. 2.2).

2.2.

/		$F, \text{ }^2$	$p_0, \text{ } / ^2$	$P, \text{ }$		K_1	cos	tg	$P_p,$	$Q_p,$	$S_p,$
1	1	5280	16	84,48	0,95	1,20	0,90	0,48	96,3	46,6	107
2		5750	14	80,50	0,95	1,12	0,50	1,73	85,7	148,4	171,3
3	2	2720	16	43,52	0,95	1,20	0,90	0,48	49,6	24,0	55,1
4		2720	7	19,04	0,95	1,20	0,90	0,48	21,7	10,5	24,1
5		45000	0,1	4,50	1,00	1,12	0,50	1,73	5,0	8,7	10,1
				232,04					253,3	229,5	341,8

2.2.

,
 .
 L (
 0,5):
 $L = \lambda \cdot h_p$, (2.4)
 λ – ,

(. 2.3); h_p –
() ,
 $h_p = H - h_{\text{...}} - h_{\text{...}}$, (2.5)
 H – , ; $h_{\text{...}} -$,
 ; $h_{\text{...}} -$, .

2.3. λ
()

	λ	
	0,4-0,7	0,9
	0,8-1,2	1,4
	1,2-1,6	2,1
	1,4-2,0	2,3
	1,8-2,6	3,4

h_p (2.5), $-\lambda$ (2.4),
 . 2.3. λ
 ,
 .
 : ,
 .
() (

2) $\left(\frac{1}{2} \right)$;

z ; $E \left(\frac{1}{2} \right)$;

3) (2.7) ;

4)

$\left(\frac{1}{2} \right)$;

5) (2.6)

;

6) $\frac{1}{2}$.

1. $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$,

$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 70\%$.

2. $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$,

$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 50\%$.

3. $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$,

$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$,

$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 30\%$.

4.

$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$;

$\frac{1}{2} - p = 10\%$.

Φ $(-10 \div +20) \%$.

n

h_p .

Φ (2.6)

n .

Φ

$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$

$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$

,

,

).

,

$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$.

2.3. 1000

$$\frac{1000}{1000}$$

(2.4).

$$= = , \tag{2.8}$$

– ,

[2]

; –

()

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n}{\sum_{i=1}^n} , \tag{2.9}$$

n – ; , –

n

$$m = \frac{.max}{P_{.min}} , \tag{2.10}$$

.max, .min –

$$m \geq 3 \qquad \geq 0,2$$

$$n = \frac{2 \sum_{i=1}^n}{.max} , \tag{2.11}$$

$$(2.11) \qquad n ,$$

$$n, \qquad n_e=n.$$

$$< 0,2 \, n \qquad [2].$$

2.4.

1000

		,	,		m	K	\cos	tg			n				
									P ,	Q ,			P_p ,	Q_p ,	S_p ,
1	1	40	1,5-70	2200	47	0,15	0,70	1,02	330	337	40	1,37	452,10	336,67	563,68
2		25	15-250	3150	17	0,50	0,85	0,62	1575	976	25	1,17	1842,75	976,10	2085,30
3	2	45	5-20	400	4	0,25	0,70	1,02	100	102	40	1,23	123,00	102,02	159,80
4		80	10-40	900	4	0,35	0,65	1,17	315	368	45	1,16	365,40	368,28	518,79
		190	1,5-250	6650	167	0,35	0,79	0,77	2320	1783	53	1,15	2668,00	1783,06	3208,98

$$\begin{aligned} n_e \leq 10 \quad Q_p &= 1,1Q \\ n_e > 10 \quad Q_p &= Q \end{aligned} \quad , \tag{2.12}$$

$$Q = \text{tg}\varphi. \tag{2.13}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \tag{2.14}$$

$$\begin{aligned} \geq 0,6; \\ < 0,6. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.4. \qquad \qquad \qquad 1000 \\ 1000 \\ 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}) \\ 1000 \\) \\ ; \\) \\ ; \\) \\ ; \\) \\) \end{aligned}$$

$$\Delta = n \cdot (\Delta P + \Delta^2), \tag{2.15}$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{I}{100} \cdot S + \frac{U}{100} \cdot S \cdot K^2 \right), \tag{2.16}$$

$n -$; , $-$;
 $I -$. , %; $U -$. , % (.1); $-$;
)

1000

. 2.5.

2.5.

(-, -)
 .

$P(t),\; Q(t),\; S(t)$
 (100%)
 (. 2.5).

: $- 147,$ $- 105;$
 $: - 65,$ $- 48.$
 . 2.1

$$W = \sum P_i T_i , \tag{2.17}$$

$$V = \sum Q_i T_i , \tag{2.18}$$

(.2.2).

$$_{max} = \frac{\sqrt{W^2 + Q^2}}{S} , \tag{2.19}$$

$S -$

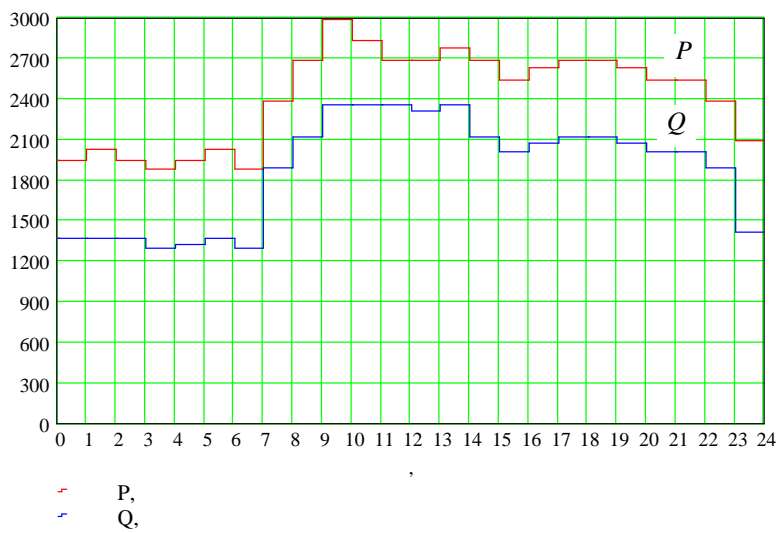
2.5.

1000

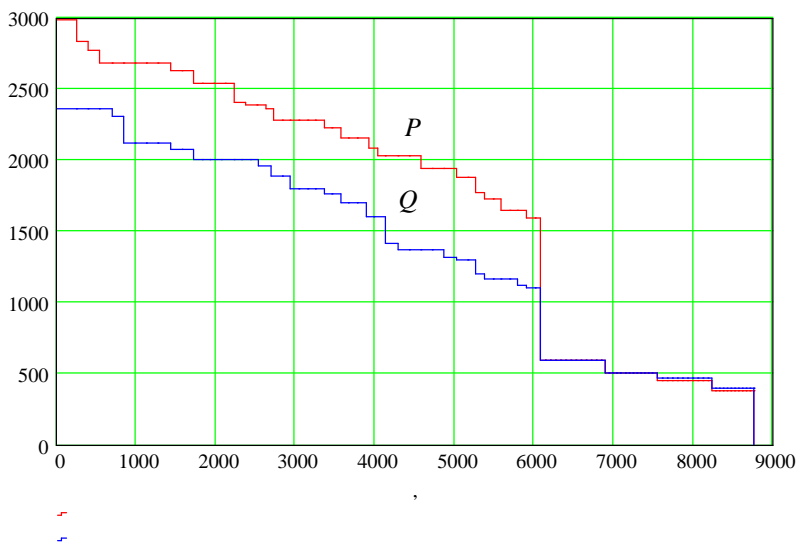
		,	,		m	K	\cos	tg	P , Q ,		n		P_p , Q_p , S_p		
			4	5					10	11			14	15	16
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1 (2×1000)														
1	1														
		40	1,5-70	2200	47	0,15	0,7	1,02	330	337	40	1,37	452,1	336,67	563,68
													96,31	46,64	107
	1												548,41	383,31	669,09
	- 1										=	0,33	9,33	68,31	68,95
	1												557,7	451,6	717,7
	2 (2×1000)														
2															
		25	15-250	3150	17	0,5	0,85	0,62	1575	976	25	1,17	1842,7	976,1	2085,3
													85,65	148,35	171,30
	2												1928,4	1124,45	2232,29
	- 2										=	1,12	37,00	193,04	196,55
	2												1965,4	1317,5	2366,1
	3 (1×1000)														
3	2														
		45	5-20	400	4	0,25	0,7	1,02	100	102	40	1,23	123	102,02	159,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
													49,61	24,03	55,10
	3												172,61	126,05	213,74
	- 3											= 0,21	3,86	30,51	30,76
	3												176,47	156,561	235,91
	4 (1×1000)														
4															
		80	10-40	900	4	0,35	0,65	1,17	315	368	45	1,16	365,4	368,28	518,79
													21,71	10,51	24,10
													5,04	8,73	10,10
	4												387,11	378,79	541,60
	- 4											= 0,54	6,88	44,13	44,67
	4												394,0	422,9	578,0
		190	1,5-250	6650	167	0,35	0,79	0,77	2320	1783	53	1,2	2668,0	1783,0	3208,9
													258,32	238,27	351,4
	0,4												2926,3	2021,3	3556,5
	-												57,06	335,99	340,8
	10												2983,4	2357,3	3802,3

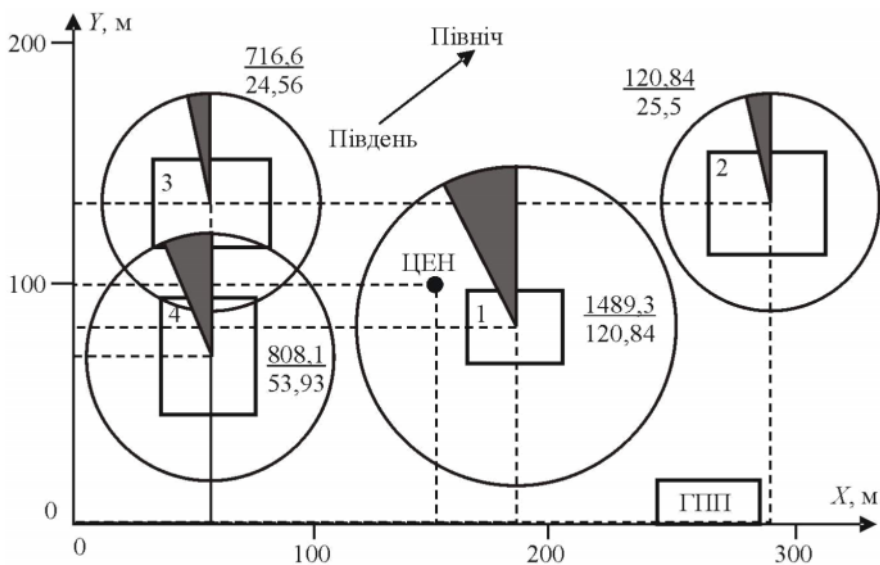
■



. 2.1.



. 2.2.



. 2.3.

()

. 2.6.

$$= 593043/3935 = 151$$

$$Y = 385537/3935 = 98$$

. 2.3.

2.6.

		'	'	'	R	;	b	Y_b	$\cdot X_i$	$\cdot Y_i$
1	1, 5:	1489,3	120,84	1610,14	2,26	27	182	82	293045	132031
2	2:	695,8	25,5	721,3	1,52	13	287	132,5	207013	95572
3	3:	716,6	24,56	741,16	1,54	12	58	134	42987	99613
4	4:	808,1	53,93	862	1,66	23	58	68	49998	58618
				3935					593043	385537

3.

[3]

3.1

3.1.

, n_0 ,					
	$t_{...}$	$t_{...}$	$t_{...}$	$t_{...}$	$t_{...} \leq t_{...}$ n
185	-21	-9	-1,0	-12,6	18

3.1.

;

;

$$Q = (1 + \mu) q V (t_{...} - t_{...}), \tag{3.1}$$

$q_0 -$, $/(^3)$;
 $\mu -$; $\mu = 0, 2 \dots 0, 3$;
 $V -$, 3 ; $t_{...} -$
 , ; $t_{...} -$
 , ;

q_0

3.2.

;

$$Q = q V (t_{...} - t_{...}), \tag{3.2}$$

$q = \dots$, $t_{\dots} = \dots$, $q = \dots$.

3.3.

$Q_{\dots} = \frac{am(t-t)}{n}$ (3.3)

$t = 1$, $[3]; m = \dots$; $c = \dots$, 4190 , 50 , 75 , 15 ; $t = \dots$; $n_c = 86400$.

$Q_{\dots} = Q_{\dots} \frac{t-t}{t-t} \beta$ (3.4)

$t_{\dots} = \dots$, $t_{\dots} = \dots$, $=0,8$, $=1$.

$Q^{\max}_{\dots} = \chi Q_{\dots}$ (3.5)

$= 1$, $= 2,4$.

3.4.

Q –

$t = t_{\dots} \quad t = +8 \quad .$

Q – $t = t_{\dots} \quad t = +8 \quad .$

–

,

Q_{\dots}^{\max}

Q_{\dots}^{\max}

.

,

Q ,

,

$n_0 = 6836 \quad (\quad . \quad 3.2).$

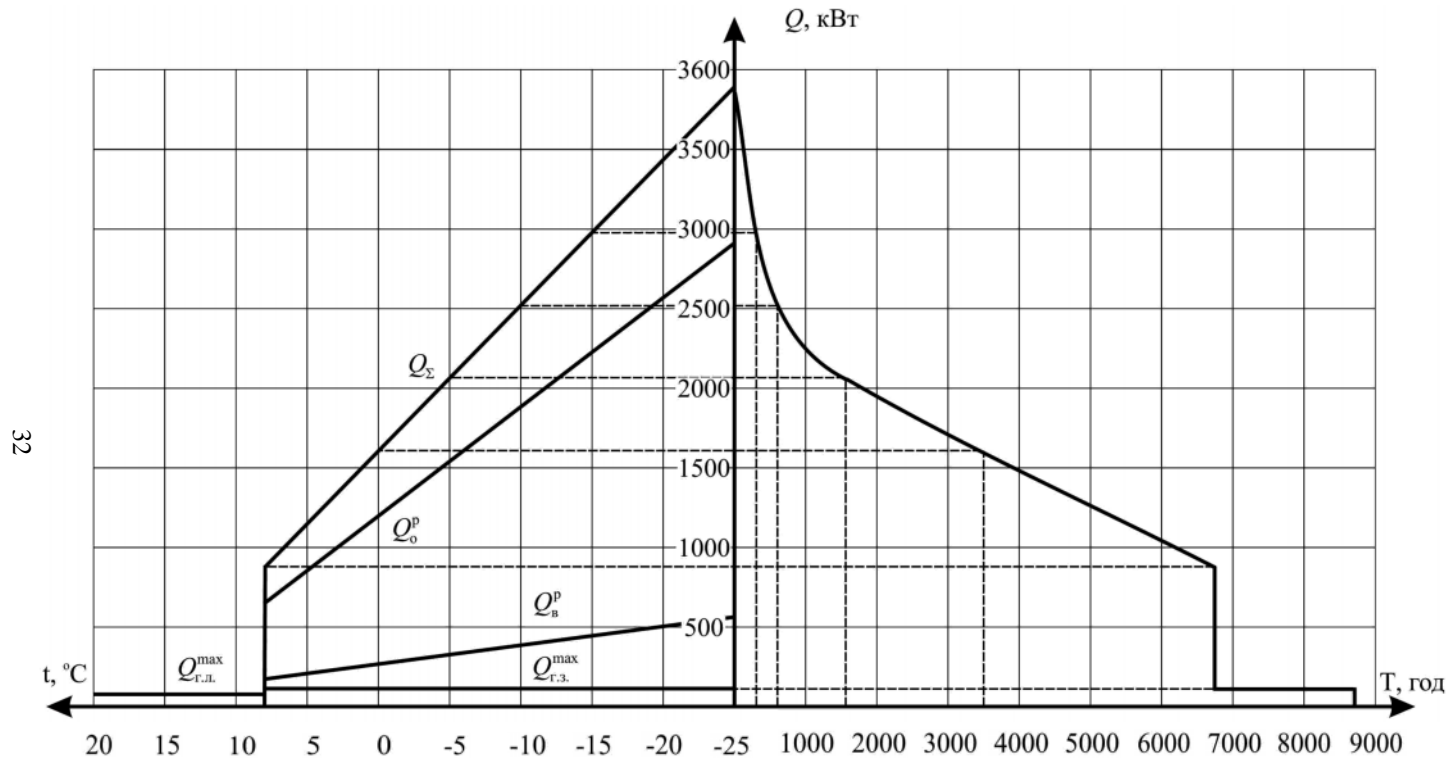
. 3.1.

3.2.

	, C							
	-35... -30	-30... -25	-25... -20	-20... -15	-15... -10	-10... -5	-5...0	0...+8
$n,$ ” .	1	5	36	166	502	1128	2352	4484
C ”	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+8
$n,$.	1	6	42	202	668	1630	3480	6836

,

,



. 3.1.

$$Q = Q \cdot \left(\frac{t_{\dots} - t}{t_{\dots} - t_{\dots}} \right), \tag{3.6}$$

$$Q = Q \cdot \left(\frac{t_{\dots} - t}{t_{\dots} - t_{\dots}} \right). \tag{3.7}$$

Q^{\max}_{\dots}

(3.6), (3.7),

+8 C.

($t > +8$ C)

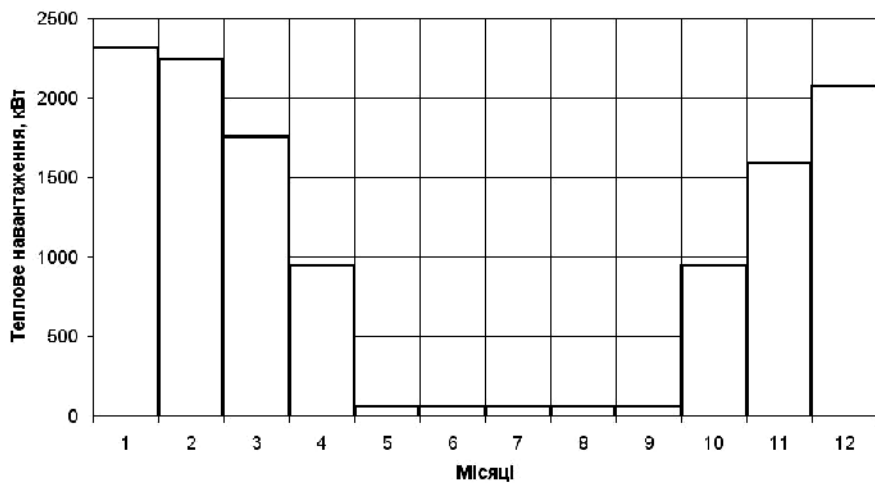
Q^{\max}_{\dots}

. 3.3.

3.3.

t ,	-5,9	-5,2	-0,4	7,5	14,7	17,8	23,2	21,6	13,9	7,5	1,2	-3,5

3.2.



3.2.

3.5.

;

Q .

:

$$R_i = \sqrt{\frac{Q_{\Sigma}}{\pi t}}, \quad (3.8)$$

m – , / ².

().

:

$$= \frac{\sum_{i=1}^n Q}{\sum_{i=1}^n Q}, \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n YQ}{\sum_{i=1}^n Q} \tag{3.9}$$

$$n - \qquad \qquad \qquad ; X_i, Y_i - \qquad \qquad \qquad i-$$

$$Q, \qquad Q \qquad \qquad \alpha \qquad \qquad : \\ = \frac{Q \cdot 360}{Q_\Sigma}, \qquad = \frac{Q^{\max} \cdot 360}{Q_\Sigma} \tag{3.10}$$

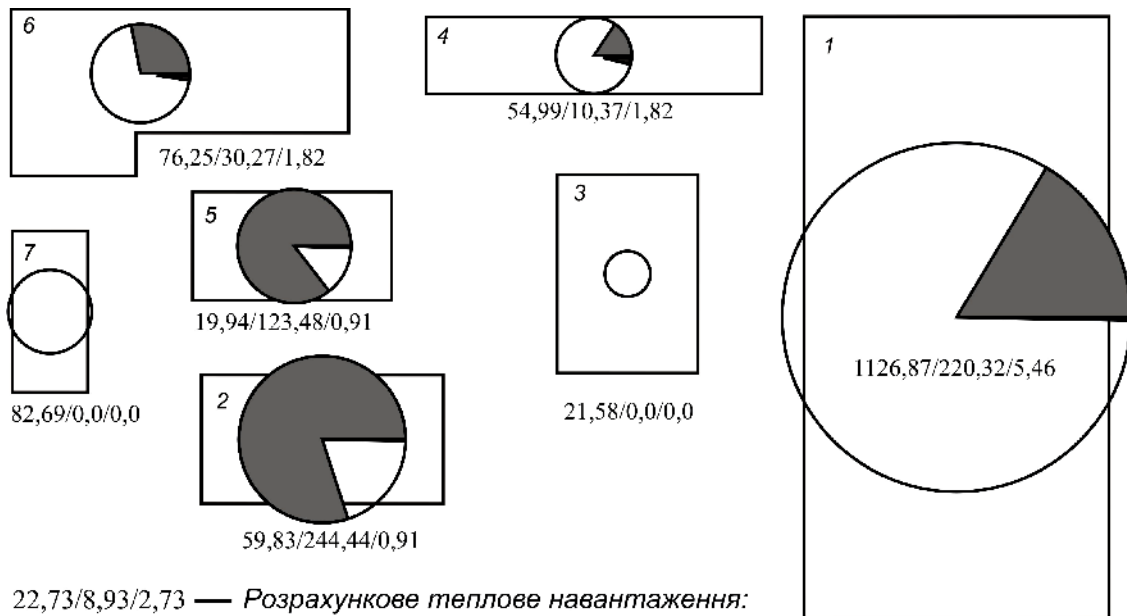
$$\alpha - \qquad \qquad \qquad , \qquad \qquad \qquad , \qquad \qquad \qquad ,$$

$$(\qquad \qquad \qquad 3.4).$$

$$. 3.3.$$

3.4.

\		Q ,	Q ,	Q^{\max} ,	Q ,	R,	,	..,	X,	Y,	Q·X,	Q·Y,
1		1126,87	220,32	5,46	1352,6	46	59	1	226	118	305698,4	159612,4
2		59,83	244,44	0,91	305,18	22	288	1	120	84	36621,4	25635,0
3		21,58	0,00	0,00	21,58	6	0	0	219	57	4725,7	1230,0
4		54,99	10,37	1,82	67,18	10	56	10	149	153	10009,3	10278,0
5		19,94	123,48	0,91	144,33	15	308	2	111	113	16020,9	16309,5
6		76,25	30,27	1,82	108,34	13	101	6	80	148	8666,9	16033,8
7		82,69	0,00	0,00	82,69	11	0	0	50	112	4134,4	9261,0
		1442,15	628,88	10,91	2081,9						385876,9	238359,7



22,73/8,93/2,73 — Розрахункове теплове навантаження:

на гаряче водопостачання, кВт

на вентиляцію, кВт

на опалення, кВт

. 3.3.

4.

4.1.

$$\Delta W = \Delta W_{\text{эл}} + \Delta W_{\text{мех}} = n \cdot \Delta U_{\text{эл}} \cdot t + n \cdot \Delta U_{\text{мех}} \cdot \tau. \quad (4.1)$$

$$\Delta V = \Delta V_{\text{эл}} + \Delta V_{\text{мех}} = n \cdot \Delta Q_{\text{эл}} \cdot t + n \cdot \Delta Q_{\text{мех}} \cdot \tau. \quad (4.2)$$

n – коэффициент полезного действия; t – время работы электродвигателя (с); τ – время работы механической передачи (с); $U_{\text{эл}}$ – напряжение питания электродвигателя (В); $U_{\text{мех}}$ – напряжение питания механической передачи (В); $Q_{\text{эл}}$ – количество электричества, затраченного на работу электродвигателя (А·с); $Q_{\text{мех}}$ – количество электричества, затраченного на работу механической передачи (А·с).

$$\Delta Q_{\text{эл}} = \frac{I}{100} \cdot S \quad \Delta Q_{\text{мех}} = \frac{U}{100} \cdot S$$

I – ток, протекающий через электродвигатель (А); U – напряжение питания механической передачи (В); S – площадь поперечного сечения проводника (мм²).

Результаты расчетов приведены в таблице 4.1.

4.1.

			S , мм ²		W , Вт	W , Вт	V , В	V , В
1	2×	-1000	669,09	0,33	57816	9992	490560	45047
2	2×	-1000	2232,29	1,12	57816	111223	490560	501415
3	1×	-1000	213,74	0,21	28908	2039	245280	9194
4	1×	-1000	541,60	0,54	28908	13094	245280	59032
					173448	136349	1471680	614687

4.2.

$$R_{\text{эл}} = r_0 l, \quad (4.3)$$

$r_0 -$ (), / (2-4);
 $l -$, . ()

$$X_{()} = x_0 l, \quad (4.4)$$

$x_0 -$ (), / (2-4).

$$Q = q_0 l. \quad (4.5)$$

$q_0 -$, / (2). ()

4.2.

4.2.

/		$l,$	$R_{()},$	$X_{()},$	$Q,$
1,2	-10 (3×70)	0,07	0,031	0,006	0,945
3,4	-10 (3×120)	0,14	0,036	0,011	2,366
5	-10 (3×95)	0,07	0,023	0,006	1,092
6	-10 (3×95)	0,1	0,033	0,008	1,56
1	-50	5	3,015	1,75	-
2	-35	3	2,37	1,074	-

() :

$$\Delta W_{()} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_{()} \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.6)$$

$$\Delta V_{()} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X_{()} \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.7)$$

$$V = Q \cdot t, \quad (4.8)$$

$P, Q -$,
 (),

, ; $U -$

, ; $R_{()} = X_{()} -$

(), ; $t -$ (

$t = 8760$).

. 4.3.

4.3.

i	P_i	Q_i	W_i (),	V_i (),	V_i ,
1,2	278,9	225,8	292,10	56,54	8278,2
3	1159,2	815,3	2645,54	808,36	20726,16
4	1376,7	1081,7	4037,70	1233,74	20726,16
5	176,5	156,6	46,84	12,22	9565,92
6	394,0	422,9	403,40	97,79	13665,6
1	1692,65	1351,15	353559,3	205216,8	-
2	1692,65	1351,15	277922,2	125944,5	-
			638907,1	333370,0	72962,04

5.

5.1.

$Q_{\text{ср.}} = 10^{-6}$,

:

$$Q_{\text{ср.}} = \sum q_{\text{ср.}} l_{\text{ср.}} \tau 10^{-6}, \quad (5.1)$$

$q_{\text{ср.}} = 1$

,

, , (

), $l_{\text{ср.}} =$

, ; -

,

, .

()

$q_{\text{ср.}}$,

$l_{\text{ср.}}$, (

)

:

$$q_{\text{ср.}} = \frac{t_{\text{ср.}} - t_{\text{ср.}}}{R_{\text{ср.}} + R_{\text{ср.}}} + \frac{t_{\text{ср.}} - t_{\text{ср.}}}{R_{\text{ср.}} + R_{\text{ср.}}}, \quad (5.2)$$

$t_{\text{ср.}} =$

, ° .

,

;

$t_{\text{ср.}}$

50-55 ° ; $t_{\text{ср.}} =$

()

, ° .

$$t = \frac{\frac{t \cdot \beta}{R_{\text{eff}} + R_{\text{eff}}} + \frac{t \cdot \beta}{R_{\text{eff}} + R_{\text{eff}}} + \frac{t \cdot \beta}{R_{\text{eff}} + R_{\text{eff}} + R_{\text{eff}}}}{\frac{\beta}{R_{\text{eff}} + R_{\text{eff}}} + \frac{\beta}{R_{\text{eff}} + R_{\text{eff}}} + \frac{1}{R_{\text{eff}} + R_{\text{eff}} + R_{\text{eff}}}}, \quad (5.3)$$

5.1. β

	1,1	1,15
	1,15	1,25
	1,2	1,3

$$R_{\text{eff}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}, \quad \text{where } R_1 = 100 \, \Omega, \quad R_2 = 100 \, \Omega, \quad \text{and } R_{\text{eff}} = 50 \, \Omega.$$

$$R_{\perp} = \frac{\ln((d + 2\delta)/d)}{2\pi\lambda}, \quad (5.4)$$

$$d = \dots, \dots =$$

① ② ③ ④

$$). \quad R$$
$$(R \cdot)$$
 $(R \cdot)$
$$d, \quad , \quad ; R_{\dots} =$$
$$2. \quad \text{.}^{\circ}\text{C/} \quad , \quad :$$

$$R_{\text{eff}} = \frac{1}{\pi\alpha(d+2\delta)}, \quad (5.5)$$

$$R_{\text{ср}} = \frac{1}{\pi \alpha} \frac{1}{d_{\text{ср}}} \quad (5.6)$$

$$d_{\text{ср}} = \frac{2d_{\text{н}} h_{\text{н}}}{d_{\text{н}} + h_{\text{н}}}$$

$$R_{\text{ср}} = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{ср}}} \quad (5.8)$$

$$d_{\text{ср}} = \frac{2d_{\text{н}} h_{\text{н}}}{d_{\text{н}} + h_{\text{н}}} \quad (5.9)$$

$$h/d_{\text{н}} > 2$$

$$R_{\text{ср}} = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{4h}{d_{\text{н}}} \quad (5.10)$$

$$h/d_{\text{н}} < 2$$

$$R_{\text{ср}} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{ср}}} \ln \frac{2h\sqrt{4h^2 - d_{\text{ср}}^2}}{d_{\text{ср}}}, \quad (5.11)$$

h – толщина теплоизоляции, мм; $d_{\text{ср}}$ – диаметр теплопровода, мм; $\lambda_{\text{ср}}$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/м·°С.

5.2.

	Таблица 5.2. Коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/м·°С		
	0,948	1,655	2,1
1. Диаметр теплопровода, мм	0,948	1,655	2,1
2. Толщина теплоизоляции, мм	1,5	2,2	2,3
3. Диаметр теплопровода, мм	1,75	2,353	2,905

где $h < 0,7$ – толщина теплоизоляции, мм; $d_{\text{ср}}$ – диаметр теплопровода, мм; $\lambda_{\text{ср}}$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/м·°С.

$$h_{\text{ср}} = h + \lambda_{\text{ср}} / \alpha_{\text{ср}}, \quad (5.12)$$

$\alpha_{\text{ср}}$ – коэффициент теплоотдачи теплопровода, Вт/м²·°С, определяемый по формуле:

$$\alpha_{\text{ср}} = 10 + 6,03\sqrt{\omega}, \quad (5.13)$$

где ω – частота вращения теплопровода, 1/с; $\lambda_{\text{ср}}$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/м·°С.

где $h_{\text{ср}}$ – толщина теплоизоляции, мм; $d_{\text{ср}}$ – диаметр теплопровода, мм; $\lambda_{\text{ср}}$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/м·°С.

$$Q_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{ср},i} l_{\text{ср},i} \cdot 10^{-6} \beta, \quad (5.14)$$

где $q_{\text{ср},i}$ – удельная тепловая нагрузка на единицу длины теплопровода, Вт/м; $l_{\text{ср},i}$ – длина теплопровода, м; β – коэффициент, учитывающий влияние температуры теплопровода на коэффициент теплоотдачи, определяемый по формуле:

$$q_{\dots} = q_{\dots} + q_{\dots}, \quad (5.15)$$

$$q_{\cdot} = \frac{(t_{\cdot} - t_{\cdot}) (R_{\cdot} + R_{\cdot}) - (t_{\cdot} - t_{\cdot}) R_{\cdot}}{(R_{\cdot} + R_{\cdot}) (R_{\cdot} + R_{\cdot}) - R_{\cdot}^2}, \quad (5.16)$$

$$q_{\pm} = \frac{(t_{\pm} - t_{\pm}')(R_{\pm} + R_{\pm}') - (t_{\pm} - t_{\pm}'')R_{\pm}''}{(R_{\pm} + R_{\pm}')(R_{\pm} + R_{\pm}'') - R_{\pm}^2}, \quad (5.17)$$

[illegible]

$$R_{\perp} = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{4H}{d+2\delta}, \quad (5.18)$$

(R_{eff})

$$R_{\perp} = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \sqrt{1 + (2H/s)^2}, \quad (5.19)$$

5.3,

5.3.

1	2	3	4	5
1			$\overline{(\quad^2\quad.\quad.)}$	0,80
2			$\overline{(\quad^2\quad.\quad.)}$	2,50
3			$\overline{(\quad^2\quad.\quad.)}$	1,00
4			$\overline{(\quad^2\quad.\quad.)}$	4,00
5			$\overline{(\quad^2\quad.\quad.)}$	0,75
6			$\overline{(\quad^2\quad.\quad.)}$	0,00
7		<i>F</i>	²	3432,00
8		<i>F</i>	²	278,00
9		<i>F</i>	²	974,00
10		<i>F</i>	²	522,00
11		<i>F</i>	²	522,00
12		<i>F</i>	²	0,00
13		<i>F</i>	²	5321,00
14	,	<i>V</i>	³	21872,00
15				20,65
16				607,00
17	,			0,60
18	,	<i>b</i> ₁		1,13

. 5.3.

1	2	3	4	5
19	,	b_2		1,01
20		t		19,00
21		t		0,00
22		t_1		68,00
23		t_2		41,00

, / :

$$Q_a = (F \cdot (1+0,05) + F \cdot (1+0,05) + F \cdot (1+0,05) + F \cdot 0,9 + (F \cdot 0,4) \cdot (t - t) \cdot 10^{-6} \quad (5.22)$$

, , , , , -
, , , , , ; F , F ,
 F , F , F , F - , , , , ,
; t , t - ,

[4].

, / :

$$Q_{B1} = \frac{0,337 \cdot V \cdot (t - t) \cdot 10^{-3}}{1163}, \quad (5.23)$$

V - , .

, / :

$$Q_{B2} = \frac{0,7B(H + 0,8)(t - t) \cdot 10^{-3}}{1163}, \quad (5.24)$$

и, следовательно, (5.24) можно переписать в виде

$$Q_2 = 0,02(Q_A + Q_{B1} + Q_{B2}). \quad (5.25)$$

Подставляя (5.25) в (5.23), получим

$$Q_3 = \frac{0,01 \cdot F}{1163}, \quad (5.26)$$

где F — сила, действующая на поршень.

Подставляя (5.26) в (5.23),

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_2 - Q_3, \quad (5.27)$$

где b_1 — коэффициент

поправки; b_2 — коэффициент

поправки на температуру.

$$Q = \frac{Q}{1,163} \cdot 10^3. \quad (5.28)$$

где Q —

$$G_{\text{оmax}} = \frac{3,6 \cdot 1,163 Q \cdot 10^3}{4,187(t_1 - t_2)}, \quad (5.29)$$

где t_1 — температура газа перед поршнем, t_2 — температура

газа за поршнем, $3/$ — коэффициент

$$G'_{\text{max}} = \frac{G_{\text{max}}}{0,9169} \quad (5.30)$$

где

$$Q = 1,1 G_{\text{оmax}}(t - t_0), \quad (5.31)$$

где t — температура

газа; $t_0 = 55^\circ$; $t_0 = 5^\circ$ —

температура

— температура

,

.

6.

$$W_i = P_i T_{\max}, \quad (6.1)$$

$$V_i = Q_i T_{\max}, \quad (6.2)$$

P Q – , ; T_{\max} –
 (. . 2.5), .

. 6.1, . 6.1.

6.1.

/		P ,	Q ,	W , .	V , .	W , %	V , %
1	1	548,41	383,31	2006622	1402545	18,1	19,0
2		1928,40	1124,45	7056023	4114376	63,5	55,9
3	2	172,61	126,05	631590	461212	5,7	6,3
4		387,11	378,79	1416419	1386002	12,7	18,8
				11110654	7364134	100	100

--

11110654 .
 100 %

18,1 %

1

2006622 .

63,5 %

--

7056023 .

5,7 %

2

631590 .

12,7 %

--

1416419 .

)

. 6.1.

)

)

. 6.1

--

7364134 .
 100 %

19,0 %

1

1402545 .

55,9 %

--

4114376 .

6,3 %

2

461212 .

18,8 %

--

1386002 .

)

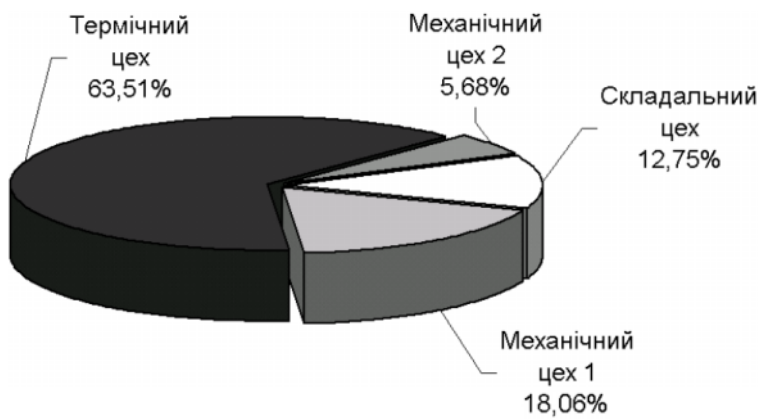
;

.

(. 6.2)

.

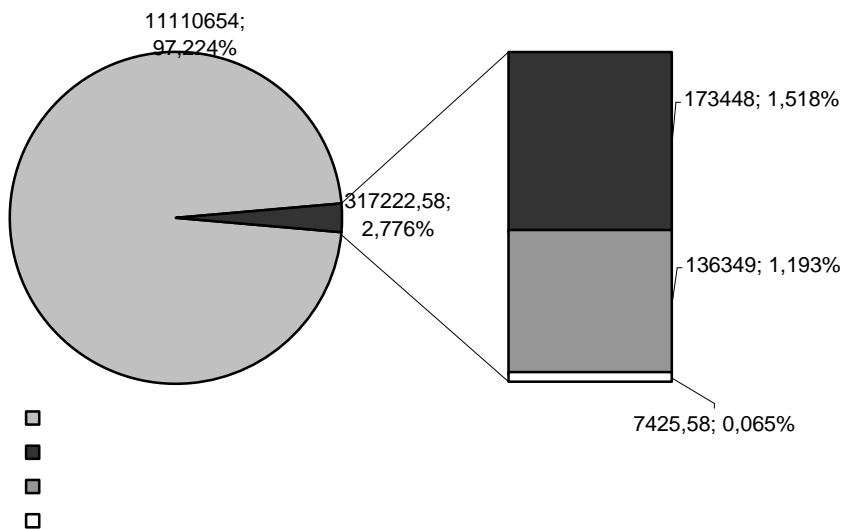
.



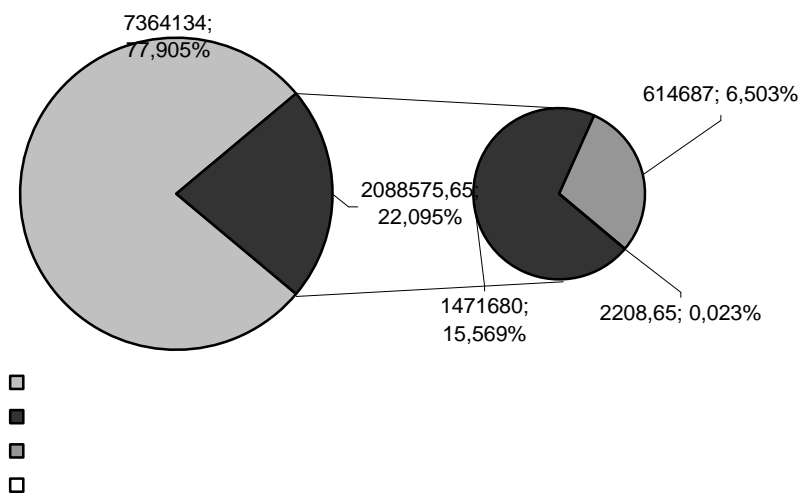
. 6.2.

. 4.1, 4.3 6.1.

. 6.3 6.4.



. 6.3.



. 6.4.

7.

.

, . . . 6. ,

.

0,4 , 10 ,
10 , ,

.

.

$$\Delta W = \Delta \cdot V, \quad (7.1)$$

— 4,5 / — 2,5...3 / —
; V_K — .

.

, . . . :

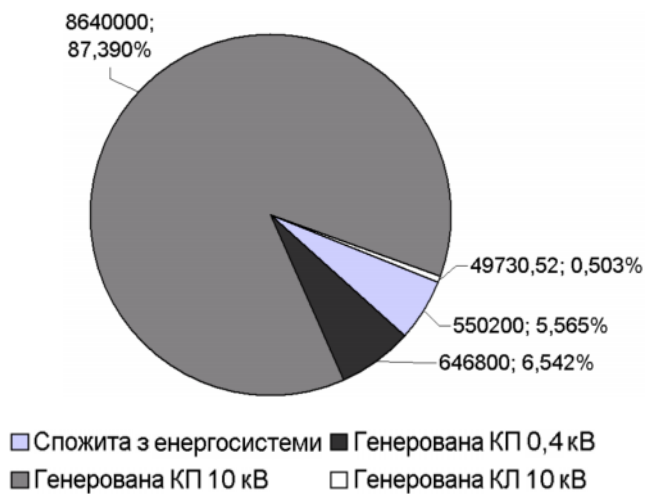
$$V = V \cdot n + V \cdot n + V \cdot n + V \cdot n, \quad (7.2)$$

V , V , V , V — ,

(. . . 9), . . . ; n , n , n ,
 n — , ,

.

. 7.1.



. 7.1.

8.

— ;
 — ;
 — .

... 17.3.

$$0,4 \quad ,$$

$$0,4 \quad .$$

$$0,4$$

$$Q_{\max} = q Q_{\max}, \quad (8.1)$$

$$Q_{\max} -$$

$$0,4 \quad ; q -$$

$$Q_{\max} = Q_{10} + Q_{0,4}, \quad (8.2)$$

$$Q_{10} -$$

$$Q_{0,4} -$$

$$0,4$$

$$Q = Q - Q, \quad (8.3)$$

$$Q -$$

$$0,4 -$$

$$\Delta = \frac{Q^2}{U^2} R, \quad (8.4)$$

$$U - , ;$$

$$R = \frac{\Delta U^2}{NS^2},$$

Δ – ... , ();
 N – ... ; S – ... , ...

$$\Delta = \frac{Q^2}{U^2} R, \quad (8.5)$$

$$\Delta = \Delta_0, \quad (8.6)$$

Δ_0 – ... , ... ; ...

$$\Delta = \Delta_0, \quad (8.7)$$

8.1.

	Q, %							
		Q ,	P,	,	Q ,	Q ,	P,	,
1	62	3142	13,325	2,85	1316,5	1825,24	4,498	0,96
2	62	3142	13,325	2,85	1316,5	1825,24	4,498	0,96
....								
23	82	4155	23,309	4,98	1316,5	2838,70	10,879	2,32
24	82	4155	23,309	4,98	1316,5	2838,70	10,879	2,32
				127,99				26,18

$$\begin{aligned}
 \dot{\gamma}_i &= - \\
 &\cdot \\
 &\quad \left(\begin{array}{c} \\ \end{array} \right) : \\
 \dot{\gamma}_i &= \dot{\gamma}_i + \dot{\gamma}_i + \dot{\gamma}_i, \tag{8.13}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{\gamma}_i &= - \\
 &\cdot \\
 &\quad \left(\begin{array}{c} \\ \end{array} \right) : \\
 \dot{\gamma}_i &= \dot{\gamma}_i - \dot{\gamma}_i. \tag{8.14}
 \end{aligned}$$

9.

... ,
... cos ...
... ,
(... , ... ,
...),
... ,
70...80% ... -

9.1.

... ,
(... 0,2...0,5%
...),
... k
...
... k
0,65...0,7.
... ,
... :
... - k =
0,7...0,8, ... - k = 0,9...0,95.

... ,
... 2.4
... ,
...
1. ...
...

$$S_{\cdot} \geq \frac{P_{\cdot} + P_{\cdot}}{n \cdot k} , \tag{9.1}$$

\dots ; $n -$ $(1 - 2); k -$
 $(9.1),$

2.

3.

$0,4$
 $-13109-97.$

$250...300$
 $50...80$

1.

2.

3.

1000

2.5.

$k = 0,33$

3 4, $(k = 0,21 \quad k = 0,54)$
1 2 ,

$(k = 1,12)$.

,

3 4.

, :

2.

;

$$S_{\text{н}} \geq \frac{P_{\text{н}} + P_{\text{л}}}{n \cdot k} = \frac{1842,7 + 85,65}{2 \cdot 0,7} = 1377 \leq S_{\text{л}} = 1600 \quad .$$

. 5.1.

9.2.

, . / :

$$\Delta_{\text{н}} = 0,003 \rho L t \left(\frac{I_1^2}{F_1} - \frac{I_2^2}{F_2} \right), \quad (9.2)$$

$L -$

, ; $I_1, I_2 -$

; $-$

$=0,027 \quad \cdot \quad ^2/$, $=0,017 \quad \cdot \quad ^2/$); $F_1 \quad F_2 -$

, 2 ; $t -$

, .

(, ,)

, . / :

$$\Delta_{\text{л}} = 0,003 I^2 \left(\frac{\rho_1 L_1}{F_1} - \frac{\rho_2 L_2}{F_2} \right) t, \quad (9.3)$$

$-$

, ; $L_1, F_1, \quad _1 -$

; $L_2, F_2, \quad _2 -$

; $t -$

, .

10.

20...60% ,
 ().
 40% ,
 .
 (,), II-3-
 79, 80% .
 4 - 6 , .
 1,5...2,0 .
 ,
 , 4
 .
 ,
 .
 ,
 ,
 ().
 65...90% .
 .
 42%, — 39%.

0,05 , 0,015 .

, ². / :

$$R_1 = \frac{1}{1} . \quad (10.1)$$

, ² / :

$$R_2 = R_1 + \sum \text{---} , \quad (10.2)$$

$$- \quad , \quad / \cdot ^2. \quad (\quad , \quad ; \quad - \quad - \quad) . \quad (10.1)$$

$$, \quad / (\cdot ^2. \quad) :$$

$$K_{\text{c} \cdot 2} = \frac{1}{R \cdot _2} . \quad (10.3)$$

$$F$$

$$, \quad :$$

$$\Delta Q_{\text{c}} = 1,05 \cdot (K_{\cdot 1} - K_{\text{c} \cdot 2}) \cdot F \cdot \cdot (t \cdot - t \cdot) . \quad (10.4)$$

$$, \quad \cdot \quad :$$

$$\Delta E \cdot = \Delta Q_{\text{c}} \cdot T \cdot D \cdot \cdot 10^{-3} , \quad (10.5)$$

$$= 24 \quad . \quad - \quad ; \quad D \quad - \quad ,$$

$$\cdot$$

$$, \quad \cdot \quad ./ \quad :$$

$$\Delta \cdot = \Delta E \cdot \quad , \quad (10.6)$$

$$, \quad -$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$,$$

$$,$$

$$,$$

$$\cdot$$

11.

，
，
()
()。
，
，
，
(
).

，
，
，
(
)
(
)
0,5. — 2.
，

，
.

11.1.

，
：
$$N = \frac{P}{kP}, \quad (11.1)$$

— (=), $k = 0,5$ —
； —
.

：

$$P = \sqrt{3} U I K_U K_I, \quad (11.2)$$

$b =$,
 $b = 5 \%$; $-$;
 $0 =$, Δ .
 , , :

$$P \geq \frac{(\quad + \quad + \quad) \cdot 100}{bTC_0}, \quad (11.6)$$

$$= (1+m) \left(\frac{10}{\quad + u + i} \right), \quad (11.7)$$

$m =$,
 (15%); $-$
 ; $u, i =$.
 ,

,
 0,4

11.2. ,

$- 01$

1,0

,
 . $4-$.
 $- 3 ($, , $)$
 .

: , ,
 , ,
 , .
 .
 , , ,
 ,
 :
 —
 ;
 — 4- ;
 —
 ;
 — ,
 (336 4 30);
 —
 , ;
 — ()
 , , ,
 .
 EMS
 EMS ,
 ,
 ,
 .
 LZQM
 LZQM
 .
 , ,
 , , , cos .

, , . ,
 , . ,
 .
 :
 1) ;
 ,
 0,5 (0,5\$).
 1,0.
 ,
 ,
 11.1.

11.1.

	0,5	1,0	1,5	2,5	4
	0,5	0,5	0,5	1	3

1,0,
 , 3,
 – 10.
 ,
 :
 1. Z_2 Z_2
 2. $/_1 \cdot 100$ 100-120% 0,5 50-120%
 1-3
 –
 2) :

$$Z_2 = Z + R + R, \quad (11.13)$$

$$Z = \frac{S}{I_2}, \quad (11.14)$$

$S =$, ,
 $; 2 =$ ($2 = 5$).
 S (S ,
). ,
 , [5].
 R 0,05 -
 0,1 - .

$$R = \frac{\rho l}{F}, \quad (11.15)$$

$-$ ($= 0,0283$
 $\cdot 2/$, $- = 0,0175 \cdot 2/$). $l =$ -
 ,

$$l = 2 \cdot l; \quad l = l. \quad l =$$

$$6-10 \quad 3,5 \div 5, \quad 35 - 25 \div 55, \\ 110 - 60 \div 85.$$

$$F,$$

$$6; 10^2, \quad 1,5; 2,5; 4;$$

$$2,5^2,$$

$$4^2.$$

$$1,5^2, \quad -2,5^2.$$

，
，²：

$$F = \frac{\rho l}{R}, \tag{11.16}$$

6²，
6...10
，

，
35
，
-
，
。

：

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

$$S_{2p} \leq S_2, \tag{11.17}$$

S_2 —
，

，
； S_2 —
-
， [5].

$$5) \quad U \leq U_1, \tag{11.18}$$

U_1 —
，
； U —
，
()
-

330
，
， S_2
，

,
 .
 ,
 ,
 :
 ,
 ,
 6 35 , HOC 0,5 3 ,
 ,
 .
 ,
 110
 ,
 (/ /).
 110 .
 6...35
 , ,
 (/ /)
 ,
 .
 3 .06, 0 .09
 ‘
 (/ /)
 06, .09
 3 , .08 – -10.
 ,
 ,
 S_{2p}
 ,
 :

$$S_{2p} = \sqrt{P_{\Sigma 2}^2 + Q_{\Sigma 2}^2} , \quad (11.19)$$
 $P_{2}, Q_{2} - \quad () \quad ()$

$$S_{2p} \\ 0,5(0,5S) - S_2$$

1.

(S_2)

S_2

(S_2)

(

).

S_2

0,5%,

– 3,0.

: 1,5

²

; 2,5

²

11.3.

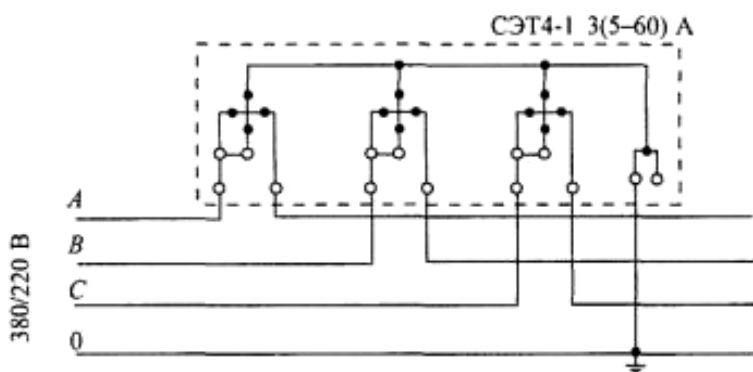
380/220 ,

380/220

()

5, 10, 20, 50 .

(. 11.1).

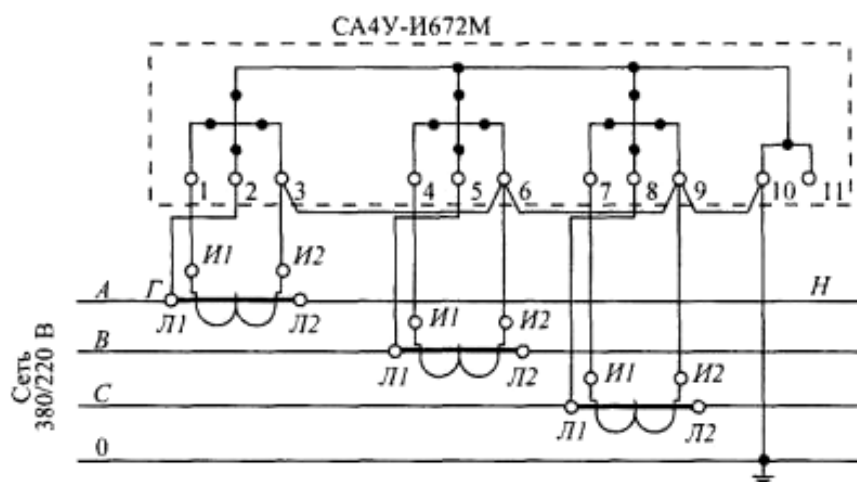


. 11.1.

4-1.

. 11.2

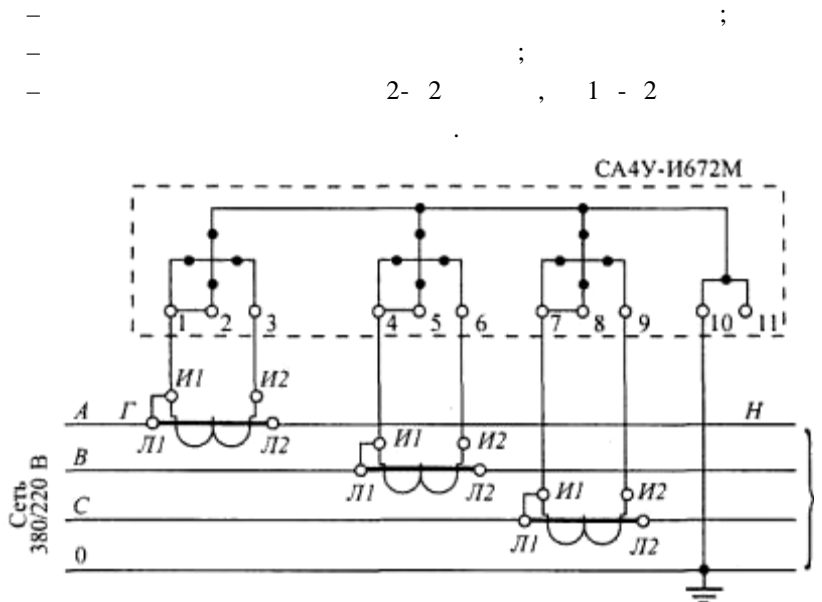
30°.



. 11.2.

4 - 672

(. 11.3).



. 11.3. 4 - 672

, : 1- 1 - ,

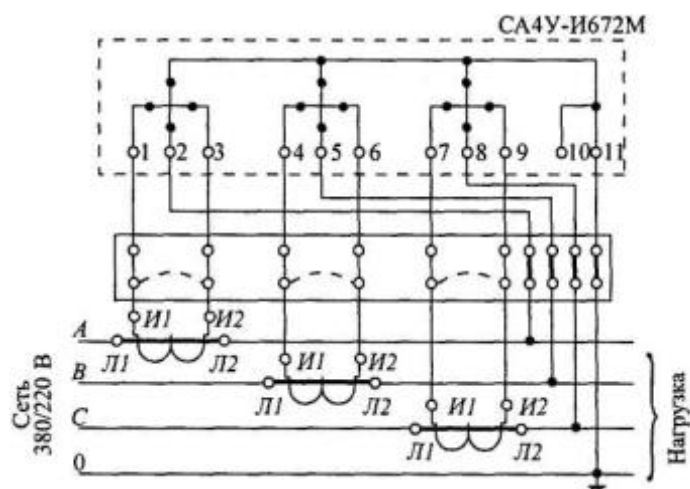
; 1-2; 4-5; 7-8 - ,

(. 11.4). ,

6-10

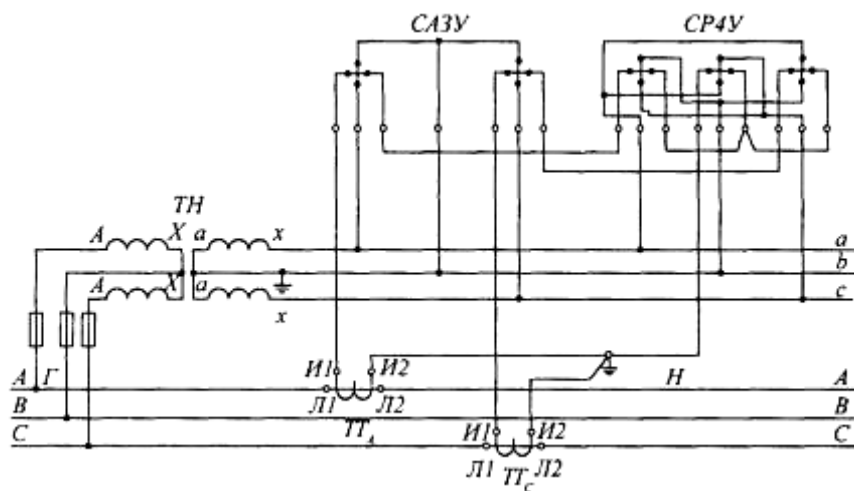
3 - 670 ,

(), , . 11.5).



. 11.4.
672

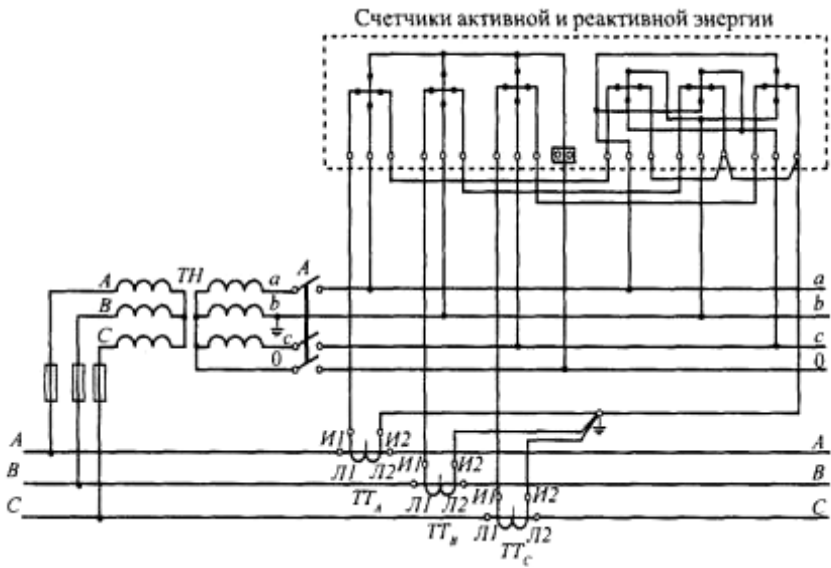
4 -



. 11.5.

(. 11.6)

b



. 11.6.

b . ABC , .
(.)

11.4.

,
,
,

\cos .

\cos

, . ()

:

11.2.

	k_{I}, \dots	
	$0 - 0,3$	$0,2 - 1,0$
I, \dots	$-2,0+6,25 \cdot k_{\text{I}}$	$-1,0625+1,5625 k_{\text{I}}$
I, \dots	$\pm(1,0 - 1,25 k_{\text{I}})$	$\pm(0,8125-0,3125 k_{\text{I}})$

k_{U} .

$$_{\text{U}} = 0,5 - k_{\text{U}}, \quad _{\text{U}} = \pm 0,5$$

$$(11.22)$$

$d \%$,

$$d_{\theta} = 0,0291 d \theta \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi},$$

$$(11.23)$$

$\cos \quad -$

$$(11.23) \quad \cos = 0,85$$

$$d_{\theta} = 0,018 d \theta.$$

$$(11.24)$$

(11.2)

1983-89

$\pm 40 \quad 1,0 \pm 20 \quad 0,5.$

(80

1) $k_I = k_U$. 11.2 (11.22)

2) (\quad) ;

3) ± 40 , $0,5$, ± 40 , $1,0$ ± 20 , $0,5$; (11.23)

4) d_0 , d ;

5) $\delta_\theta = 0,018\sqrt{\delta\theta_U^2 + \delta_U^2}$; (11.25)

6) $0,5 - = 0$; $= \pm 0,5\%$, $1,0 -$; $= -0,75 \cdot 1,0 = -0,75\%$, $= \pm 1,0\%$, $1,0 -$;

7) n , m ;

$\Delta_\Sigma = \sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i}{100} W_i - \sum_{j=1}^m \frac{\Delta_j}{100} W_j$, (11.26)

$W_{i(j)} -$, $i(j) -$; $i(j) -$. 11.2, (11.22) . 7) , . :

$$\delta_{\Sigma} = \pm 0,975 \sqrt{\sum_{i=1}^{n+m} \left(\frac{\delta_i}{100} W_i \right)^2}, \tag{11.27}$$

i –

(11.20)

i-

. 11.2

,

(11.22); 0,975 –

,

95%-

12.

"

"

(,), : ('),

,

.

.

:

•

;

•

;

•

;

•

: ('),

.

,

.

,

,

,

,

,

,

.

,

,

.

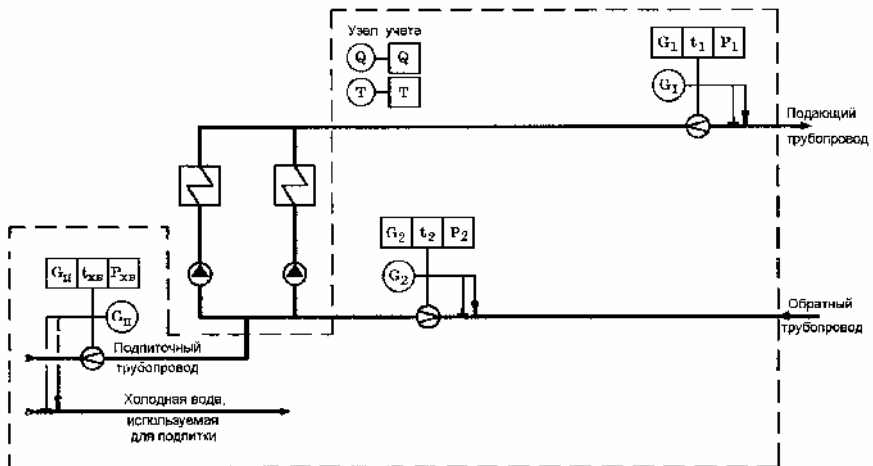
;

(),

(),

(,)

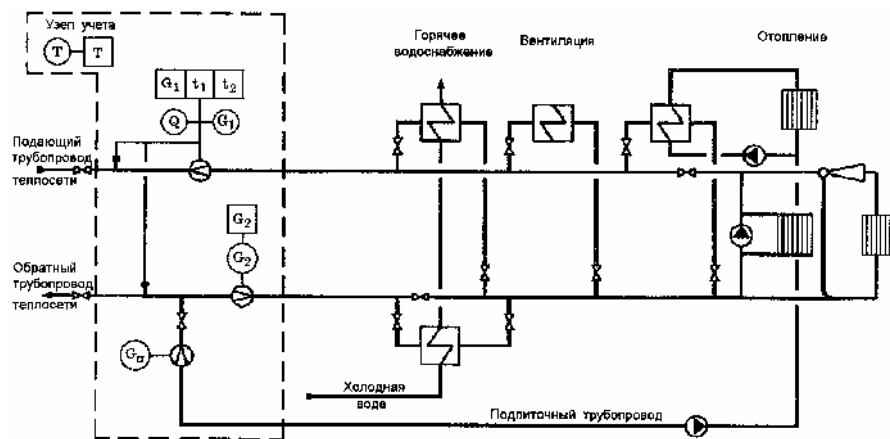
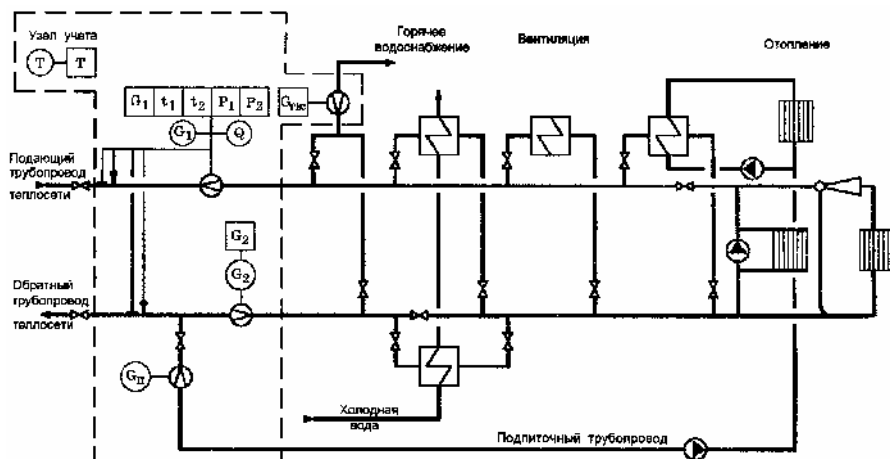
12.1.



12.1.

()

• ;
 • ;
 • (,) ;
 • (,) ;
 • ;
 • .
 , (,) ,
 .
 :
 • (,) ,
 ;
 • .
 ,
 ,
 (,)
 , ,
 . 12.2, — . 12.3.



(')

12.2.

100; 500 (100 ; 100 ; t
 $t = 500$), () .

-4

100 ; 100; 500 , 500), () (100 ;

0 °C +150 °C.

+1%.

"SONOHEAT-T"

20 - 100.

, Q_n . / 0,6 - 60.

, Q_{max} . / $2Q_n$.

X12

X12

(

),

2,5.

-97

-97

- ,
- :
- . / / ;
- / ;
- ,
- / ;
- ;
- ,
- ;
- ;
- .

12.3.

- 5%,
10 20 ° ;
- 4%,
20 ° .

- 5% 10 30%;
- 4% 30 100%.
(,)

- 2% 4 100%.

- 3% 10 100%.

,
t, ° ,
,

$$t = \pm (0,6 + 0,004 \cdot t), \quad (12.4)$$

, t –

‘ ‘ ‘
2%.

‘ ‘ ‘
0,1%.

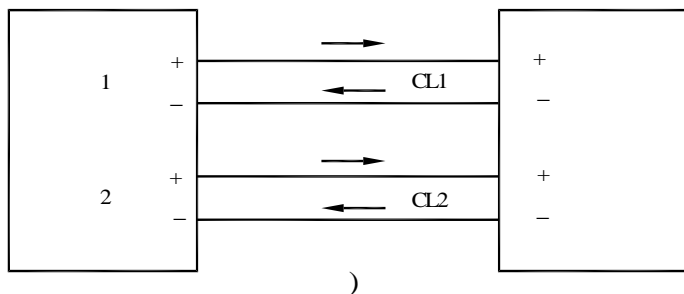
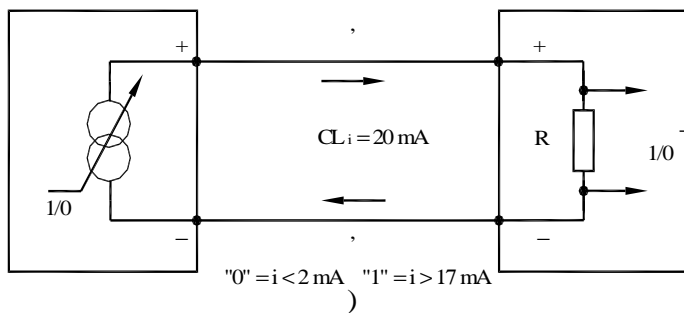
13.

· ,
- -
,
-
,
:
0,67 / . ,
· - -
· - - ,
- - ,
:
0,67 / . ,
· - -
·
 $G_{2,5}$, G_4 , G_6
,
- Q 0,016 . / .
-
,
:
, $0,2 \cdot 10^{-4}$ $1,2 \cdot 10^{-4}$. / .

(,),

CL

(. . 14.1,).



. 14.1

() :

- CL; -

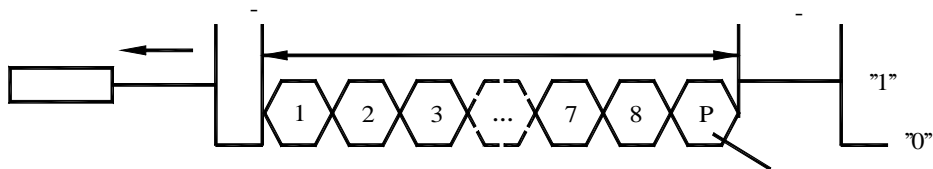
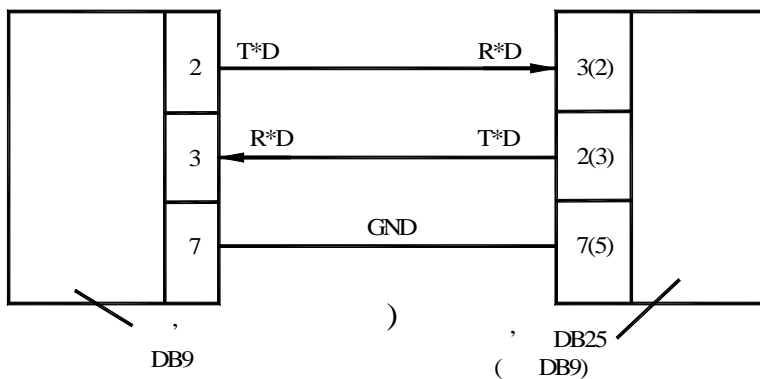
=20 mA

(10, 40 80 mA). ,
17 mA, 1 (), 2 mA - 0
().

, (). CL

, , ,

,
 (. 14.1,).
 - 9600 /
 , 300 .
 : 1200 /
 2000 .
 , , , ,
 .
 (,) - .
 ((. 14.1,).
 ,
 1 " " (+/ -)
 2 " (+/ -).
 9600 / 500 (,
 , .
 ,
 -
 (EIA) RS-232 , 1969 .
 ,
 , , ,
 , .
 25 ,
 ,
 8 , - 3:
 " T×D (103), " R×D (104)
 " (102)– . 14.2.



RS-232C, 14.2, (), , ().

25- RS-232 DB9 14.2() - D 25. RS-232 (0, +5).

-12 +12 (-RS-232).

RS-232 50 19 200
/ , ,
16 .

$$\left(\frac{1200}{900} \right).$$

14.2, (5,6,7 8)
97

(), ()
 : even – , odd – no -)
 . - , .
 , , .
 RS-232
 " " (,)
). , ,
 , , .
 RS-422 (1978 .)
 50 , (10 /
 , 13 100 / 1300). , 10
 . RS-485 (1983 .),
 RS-422 , 32 32 .
 , , , .
 , , .
 - RS-232
 (900) .
 , RS-232 (4,8
 16). , (,)
 (). , ,
 , RS-232 , (. 14.1.).
 , - (3)
 98

,
 (. . 14.2,).
 ,
 . RS-485
 (1200)
 (-).
 .
 , LZP,
 Qantium, , , , ,
 , -16
 : RS-232, RS-485, RS-422, ();
 () - , -16, RTU-300.
 , RS-485 (thernet).
 () .

15.

15.1.

15.1.1.

，
，
。

，
—
：

$$V_{\min} \leq V \leq V_{\max}, \tag{15.1}$$

V_{\min} ， V_{\max} —

13109-97

，
； V —

。
()

()

。

100 %
25 %。

，%：

$$V = V_{\text{н}} - \sum_{i=1}^n \Delta U_i + \sum_{j=1}^m \delta U_j, \tag{15.2}$$

$V_{\text{н}}$ —
， %；

：

$$V' = +5\%, V'' = 0\%, \tag{15.3}$$

V' ， V'' —

， %； $\sum_{i=1}^n \Delta U_i$ —

$$, \% ; \sum_{j=1}^m \delta U_j -$$

$$(\quad), \%$$

$$- \quad ;$$

$$\Delta U = K \cdot (U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi) + \frac{K^2}{200} (U_a \sin \varphi - U_p \cos \varphi), \quad (15.4)$$

$$U_a, U_p - \quad . \quad .$$

$$, \% :$$

$$U_a = \frac{\Delta P}{S} \cdot 100\%, \quad (15.5)$$

$$U_p = \sqrt{U^2 - U^2}, \quad (15.6)$$

$$- \quad , \quad , \% :$$

$$\Delta U = \frac{P R + Q X}{10 U^2}, \quad (15.7)$$

$$\Delta U = \frac{(r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi) P l}{10 U^2}, \quad (15.8)$$

$$P, Q - \quad , \quad ,$$

$$, \quad , \quad , \quad ; R, X -$$

$$, \quad , \quad , \quad ; r_0, x_0 -$$

$$, \quad , \quad , \quad / \quad ; \operatorname{tg} \varphi = P / Q -$$

$$; l - \quad , \quad , \quad .$$

$$,$$

$$,$$

$$,$$

$$,$$

$$(\quad)$$

$$(\quad).$$

$$,$$

$$(\quad . 15.1).$$

15.1.

	, %		, %
10	±6×1,25*	10	±2×2,50
10	±8×1,50	20	±2×2,50
20	±6×1,50*	35	±2×2,50
20	±8×1,50	110	±2×2,50
35	±6×1,50	150	±2×2,50
36,75	±8×1,50		
110	±4×2,50		
115	±9×1,78		
158	±8×1,50		
230	±10×1,20		

* :

10 .

,

,

,

.

,

.

:

-

,

:

$$U' = \left(1 - \frac{\Delta U'}{100}\right) \frac{U_1' U_2}{U_2'}, \quad (15.9)$$

-

,

:

$$U'' = \left(1 - \frac{\Delta U''}{100}\right) \frac{U_1'' U_2}{U_2''}, \quad (15.10)$$

U_2 -

, ;

$\Delta U', \Delta U''$ -

, %; U_1', U_1'' -

$$, \quad ; \quad U_2', U_2'' - \\ (U_2' = 1,05U_1) \quad (U_2'' = U_1)$$

,
:
- , %:

$$n' = \frac{\left(\frac{U'}{U_1} - 1\right)}{E_0} \cdot 100\%, \quad (15.11)$$

- , %:

$$n'' = \frac{\left(\frac{U''}{U_1} - 1\right)}{E_0} \cdot 100\%, \quad (15.12)$$

$U_1 -$, ; $E_0 -$, %.

, $n < 0$, , $U < U_1$.
:

$$U = U_1 \left(1 + \frac{nE_0}{100}\right), \quad (15.13)$$

$n -$.

:
- , :

$$U' = \left(1 - \frac{\Delta U'}{100}\right) \frac{U_1' U_2}{U'}; \quad (15.14)$$

- , :

$$U' = \left(1 - \frac{\Delta U''}{100}\right) \frac{U_1'' U_2}{U''}. \quad (15.15)$$

.

2,5 % ±5 % (. 15.1, 15.2).

15.2.

, %	, %		, %
	$U_{\text{н.н.}} = 6,3$	$U_{\text{н.н.}} = 10,5$	
+5	6,3	10,5	0
+2,5	6,15	10,25	+2,5
0	6,0	10,0	+5,0
-2,5	5,85	9,75	+7,5
-5	5,7	9,5	+10,0

δU ,

:

$$V_2^{\cdot} = V_1^{\cdot} - \Delta U^{\cdot} + \delta U^{\cdot}, \quad (15.16)$$

$$V_2^{\circ} = V_1^{\circ} - \Delta U^{\circ} + \delta U^{\circ}, \quad (15.17)$$

V_1^{\cdot}, V_1° –

, %; $\Delta U^{\cdot}, \Delta U^{\circ}$ –

, %; V_2^{\cdot}, V_2° –

, %.

, V_2^{\cdot}

; δU

,

.

$$V_2^{\circ} \leq V^+, \quad (15.18)$$

V^+ – ;

.

$$\delta U \text{ ,}$$

$$\text{ , } \text{ , }$$

$$V_2^* > V^+ \text{ ,} \tag{15.19}$$

$$\delta U \text{ ,}$$

$$V_2'.$$

$$\text{ , } \text{ , }$$

$$\text{ , \% :}$$

$$\delta U = \left(\frac{U_2 U_{1\dots}}{U \quad U_{2\dots}} - 1 \right) \cdot 100\% \text{ ,} \tag{15.20}$$

$$U_1 \text{ , } U_2 \text{ -}$$

$$\text{ , } \text{ .}$$

$$\text{ , } \text{ , }$$

$$\text{ ,}$$

$$15.2.$$

$$\text{ , \% :}$$

$$\delta U = \frac{X_c Q}{10 U^2} \text{ ,} \tag{15.21}$$

$$X_c \text{ -}$$

$$\text{ , } \text{ ; } U \text{ -} \text{ , } \text{ ; } Q \text{ -}$$

$$\text{ , } \text{ .}$$

$$\text{ .}$$

$$15.1.2.$$

$$6-10$$

$$\text{ , \% :}$$

$$\delta U_i = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\% \text{ ,} \tag{15.22}$$

ΔI – 6-10 ; I^* –

(
) , .

(10

)

, %:

$$\delta U_t = \frac{\pm \Delta Q}{S} \cdot 100\% , \quad (15.23)$$

S –

δU_t , ; –

("+" –

, "" –

), .

S

,

,

, %:

$$\delta U_t = \frac{\pm \Delta Q}{S} \left(1 + \frac{S}{S} e_* \right) \cdot 100\% , \quad (15.24)$$

e_* –

.

, .

, %:

$$k = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\Sigma}} \cdot 100\% \leq 5 \dots 10\% , \quad (15.25)$$

P_{\max} , P_{\min} –

, ;

P_{Σ} –

, .

()

10-35

,

, %:

$$\delta U_t = \frac{S \dots k}{S} \cdot 100\% , \quad (15.26)$$

$$S_{\dots} =$$

$$n$$

$$k$$

$$k = \sqrt[4]{n}, \tag{15.27}$$

$$:$$

$$k = \sqrt[4]{\sum \frac{S_{.i}}{S_{.max}}}, \tag{15.28}$$

$$S_{.max} =$$

15.1.3.

$$15.5.$$

$$:$$

$$I_{\text{v}} = \frac{I_{\dots}}{v^2}, \tag{15.29}$$

$$I_{\dots} =$$

$$:$$

$$I_{\dots} = \frac{S_{\dots}}{\sqrt{3}U}, \tag{15.30}$$

$$v =$$

$$k_U$$

$$: v = 2, 3, 4, 5, 6 .$$

$$:$$

$$I_{\Sigma \text{ v}} = I_{\text{v}} \sqrt[4]{n}, \tag{15.31}$$

$$n =$$

15.5.

v -

,

	6	10
	$x_c = \frac{U^2}{S} v$	$x_c = \frac{U^2}{S} v$
, S, , u = 10,5 %	$x_{\dots} = \frac{4}{S} v$	$x_{\dots} = \frac{11}{S} v$
	$x_{\dots} = x v$	$x_{\dots} = x v$
, S, (= 0,75)	$x_{\dots} = \frac{12}{S} v$	$x_{\dots} = \frac{34}{S} v$
(S,)	$x_{\dots} = \frac{6}{S} v$	$x_{\dots} = \frac{17}{S} v$
Q, ,	$x_{\dots} = \frac{U^2}{Q} \frac{1}{v}$	$x_{\dots} = \frac{U^2}{Q} \frac{1}{v}$
S, , S, ,	$x_{\dots} = \frac{12}{S + 2S} v$	$x_{\dots} = \frac{34}{S + 2S} v$

-800,

:

-

:

$$I = n \frac{0,9U_{\alpha}I_{\alpha}}{\sqrt{3}U \cos \varphi} \cdot 10^{-3}, \quad (15.32)$$

-

v -

:

$$I_{\Sigma v} = \frac{I}{1,11(v \pm 1)}, \quad (15.33)$$

v = 5, 13 – "+", v = 7, 11 – "-".

$$v - 6 \quad (10)$$

, :

$$U_v = I_{\Sigma v} x_v, \quad (15.34)$$

$$x_v -$$

$$v - ,$$

$$; I_{\Sigma v} - v - , .$$

:

$$k_U = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^n U_v^2}}{U} \cdot 100\% , \quad (15.35)$$

15.1.4.

, , , .

$$k_{2U}$$

, %:

$$k_{2U} = \frac{U_2}{U} \cdot 100\% , \quad (15.36)$$

$$U_2 , :$$

$$U_2 = I_2 x_{2\Sigma} , \quad (15.37)$$

$$I_2 - , ; x_{2\Sigma} -$$

, .

$$I_2$$

$$U_{AB} , U_{BC} ,$$

:

$$I_2 = \frac{\sqrt{3}}{6U} \sqrt{3S_{AB}^2 + (S_{AB} - 2S_{BC})^2} , \quad (15.38)$$

$$\psi_{I_2} = \arctg \frac{\sqrt{3}S_{AB}}{S_{AB} - 2S_{BC}} , \quad (15.39)$$

$$I_2 = \frac{\sqrt{3}}{6} \sqrt{3I_{AB}^2 + (I_{AB} - 2I_{BC})^2}, \quad (15.40)$$

$$\psi_{I_2} = \arctg \frac{\sqrt{3}I_{AB}}{I_{AB} - 2I_{BC}}, \quad (15.41)$$

$$S_{AB}, \quad S_{BC} - \quad ; \quad \psi_{I_2} -$$

$$U_{AB}, \quad I_2, \quad S_{BC} = 0, \quad I_{BC} = 0.$$

$$I_2 = \frac{\sqrt{3}S_{AB}}{3U}, \quad (15.42)$$

$$I_2 = \frac{\sqrt{3}I_{AB}}{3}, \quad (15.43)$$

15.9.

$$\underline{Z}_2 = \frac{U^2}{\sqrt{4S^2 + (S_{\dots} + 2,67S - Q_{\dots})^2}} e^{i\psi_{2\Sigma}}, \quad (15.44)$$

$$\psi_{2\Sigma} = \arctg \frac{1 + 2,67k - k_{\dots}}{2k}, \quad (15.45)$$

$$S, S_{\dots}, Q_{\dots} - \quad , \quad , \dots$$

$$; \quad :$$

$$k = \frac{S}{S_{\dots}}, \quad (15.46)$$

$$k_{\dots} = \frac{Q_{\dots}}{S_{\dots}}, \quad (15.47)$$

15.9.

()		
	$x_2 = \frac{U^2}{S} \cdot x$	$x_{2*} = 0,24,$ $U, S,$
	$x_2 = \frac{U^2}{S} \cdot x$	$x_* = 1/k$ k –
	$x_2 = \frac{U^2}{S} \cdot e$	e_* – ... e_* x_{**}
,	$x_2 = \frac{U^2}{S} \cdot x$	x_* –
	$x_2 = \frac{U^2}{Q}$	Q ,
	$z_2 = 2,5 \frac{U^2}{S} x$	S –
	$z_2 = \frac{U^2}{S_{...}}$	$S_{...}$ –
	$z_2 = \frac{U^2}{S_{...}}$	$S_{...}$ – ...

15.2.

()

- - 10-12
;

- - 1
;

- - 1
13109-97

,
7 ,

.
, - ,
,

.
- -823, -824
().

:
- -
;

-
();

- , , ,
;

- , .

: , ,
, THD%
(. 251). ,
,

,
9- (4
5)

200 . () 256
() 1 f=50
,

, .
 .
 : ()
 () :
 - ();
 - (. .);
 - ().
 :
 « »;
 - 10 (,
);
 - (voltage spikes) 5 2,5
 6 (-824);
 - (inrush current) 10
 3 , ;
 - , ;
 - (49-)
 ;
 - , ;
 -
 .
 « »;
 - (TRMS
).
 : , , ,
 , , .
 , 16
 251 (15 .) 90 .
 , compact-
 flash (512). , ,
 , () .

Top View

-824 -
(voltage spikes).

f=50 .
20000.

TRMS

1000

(inrush current)»,

PM 296 —

PM296

- (0,2 S),
;
- , , ,
, cos , , ,
;
- (THD) , TDD
- (THD) ,
63- , ;
- 13109-97;
- ;
- 11 ;
- 6 (,
,);
- 12 ,
(
, ,
,
/);
- 1 ;
- 2 ,
;
- 1 (
-);
- , ;
- : (PM 296),
(RPM 096, RDM 096,
1200).
- ***eXpertMeter 720 (EM720)***
,
,
.
, ;
;
- ;
- ;

(2 , 20),
50 .

:

• (0,2S),

,

,

,

,

,

.

•

IEC61000-4-30 class A (EN50160,

;

;

13109-

97, 153-34.0-15.501- 2000, 153-34.0-15.502- 2002).

•

50 .

,

.

•

,

/

.

•

4

;

7

(3

4

)

;

32 -

1024

;

20

;

3

32

(

, 8).

-3.3

:

-

(),

13109-97 EN 50160;

-

:

;

,

;

-

,

;

- ;

- (

) ;

- ,

, ,

.

-3.3 :

- ();

- ;

- ()

;

- ().

-3.3

.

-3.3

() 13109-97.

-3.3 , ,

(

, ())

,

,

4096

0,32 , 50 256

.

0,16 .

2048 2048 .

-3.3 :

- : (0,32) ,

(),

()

.

60 .,

20 ., 3 .

- ;

- (. . 4.3.3)
 3 ., 1 . 30 . , -3.3
 ,
 (3 3);

:
 - 9,5 3 .,
 - 8 1 . (. .),
 - 7,5 30 .

- 9 .
 - -3.3
 200 10 .
 -3.3
 :

- ;
 - 1,25 ., 2,5 .,
 5 ., 10 ., 1 ., 15 . 30 .;
 - ;
 -
 ().
 - .01

,
 50 .
 .
 8 (4 , 4), ,
 220 100 .
 ,
 ,
 .

, 13109-97.
 - 1 .
 , ,

13109-97,

RS-232.

():

- ;
- ;
- ;
- n- ;
- ;
- .

13109-97 - .01

- , :
- ;
- , ,
- , , ,
- ;
- ;
- ,
- (),

- 0,5.

" , 100/V3; 100 / 220 ,
1" , 1 / 5 .

: 140% V2 U "0M;
150% / 2

.

:

- ;

- ,

, ;

- , 95%

;

- (Ti) (2)

.
: 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 24 .

,

,

,

,

,

:

- 3 - ;

- 15 - ;

- 25 - .

:

,

,

,

,

• , ;

(256);

• , ;

• (460 + 10) ,

30 .

0,035 .

•

10 .

- (320x305x170) .
- 4 .
-

15.3.

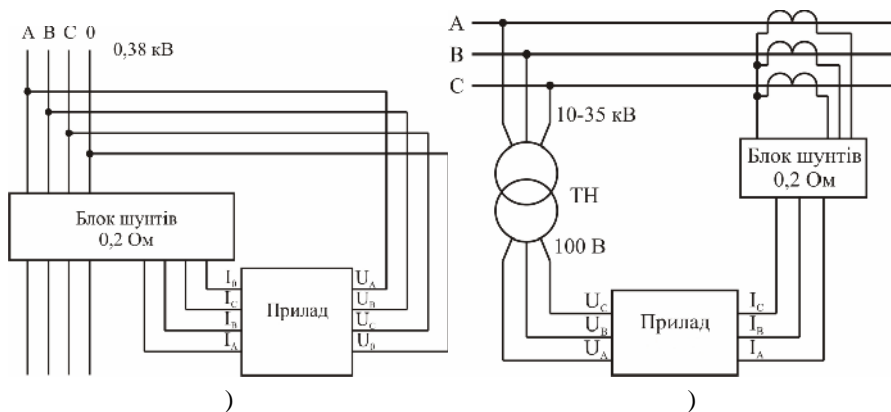
- . 10

5- ,

0,5%.

, , , , ,

50...5500 .



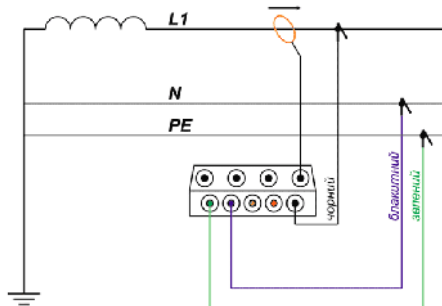
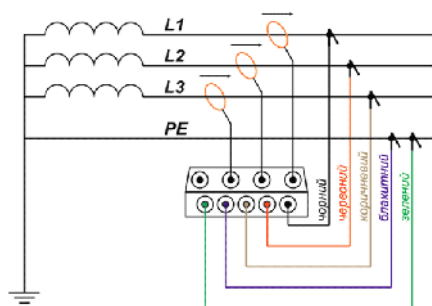
15.1.

:

) 0,4 ;) 10-35

- -823, -824

, . 15.2.



.15.2. ,)

-823)

() ()

-

2-3

-4-7

20

125

1)

2)

3)

1.

$$J=\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 = \sum_{t=1}^n \left(y_t - \widehat{y}_t\right)^2, \tag{16.1}$$

$$\widehat{y}_t = a + bt, \tag{16.2}$$

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n y_t \sum_{t=1}^n t^2 - \sum_{t=1}^n t \sum_{t=1}^n y_t t}{n \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t\right)^2}, \quad b = \frac{n \sum_{t=1}^n y_t t - \sum_{t=1}^n t \sum_{t=1}^n y_t}{n \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t\right)^2}.$$

$$\widehat{y}_t = a + bt + t^2, \tag{16.3}$$

$$\sum_{t=1}^n y_t = an + b \sum_{t=1}^n t + c \sum_{t=1}^n t^2, \quad \sum_{t=1}^n y_t t = a \sum_{t=1}^n t + b \sum_{t=1}^n t^2 + c \sum_{t=1}^n t^3,$$

$$\sum_{t=1}^n y_t t^2 = a \sum_{t=1}^n t^2 + b \sum_{t=1}^n t^3 + c \sum_{t=1}^n t^4$$

$$\widehat{y}_t = a + b \cos \frac{2\pi}{n} t + \sin \frac{2\pi}{n} t, \tag{16.4}$$

$n -$

(16.4)

(16.1)

:

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n}; \quad b = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \cos \frac{2\pi}{n} t;$$

$$c = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \sin \frac{2\pi}{n} t.$$

- . , ,
.

$$\widehat{y}_t = a + bt + c \cos \frac{2\pi}{n} t + d \sin \frac{2\pi}{n} t, \quad (16.5)$$

:

$$\sum_{t=1}^n y_t = an + b \sum_{t=1}^n t,$$

$$\sum_{t=1}^n y_t t = a \sum_{t=1}^n t + b \sum_{t=1}^n t^2 + c \sum_{t=1}^n t \cos \frac{2\pi}{n} t + d \sum_{t=1}^n t \sin \frac{2\pi}{n} t,$$

$$\sum_{t=1}^n y_t \cos \frac{2\pi}{n} t = b \sum_{t=1}^n t \cos \frac{2\pi}{n} t + c \frac{n}{2},$$

$$\sum_{t=1}^n y_t \sin \frac{2\pi}{n} t = b \sum_{t=1}^n t \sin \frac{2\pi}{n} t + d \frac{n}{2}.$$

,

 $a,$ b, c, d

.

17.1.

$$= \alpha_{-}^{\mu} \cdot \quad + \alpha_{+}^{\mu} \cdot \quad + \alpha_{0}^{\mu} \cdot \quad , \tag{17.2}$$
$$\begin{aligned} t = 8 & \quad (23.00 \quad 7.00), \\ t = 11 & \quad (7.00 \quad 8.00; 11.00 \quad 20.00; 22.00 \quad 23.00), \\ t = 5 & \quad (8.00 \quad 11.00; 20.00 \quad 22.00). \end{aligned}$$

$$-365$$

$$I = \frac{1}{1} \cdot 147 + \frac{1}{1} \cdot 65 + \frac{1}{1} \cdot 105 + \frac{1}{1} \cdot 48 \quad (17.3)$$

17.1.

17.1.

№	Исходные данные				Результаты	
	№	Исходные данные	Исходные данные	Исходные данные	Результаты	Результаты
1		0,25				
2						
...
24						

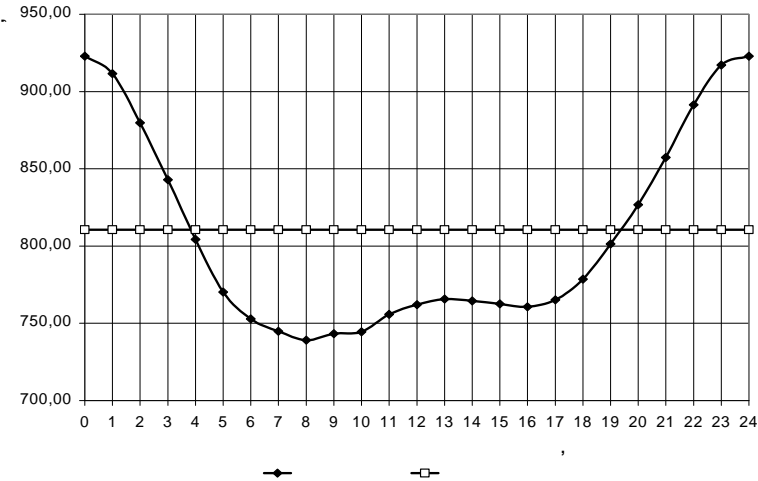
$$I_1 = I_2 - I_1$$

17.2.

17.2. 17.2
(17.1).

17.2.

0	526	812	283	922,90
1	506	823	292	911,63
2	456	841	324	879,81
...
23	481	821	319	891,49



17.1.

(17.1) , 4 19,4
 3- , 1- ;
 8
 - 2 3 .
 744,81 .

17.3.

(),
 5 .
 , :

$$= 1 + 2 - 3, \quad (17.5)$$

 1 - ;
 2 -
 ; 3 -

, :

$$_1 = \sum_{i=1}^n (V_i + K \cdot V_i) \cdot D \cdot T, \quad (17.6)$$

 n - ;
 V - ,
 . ; V -
 , . ; -

, =3; D -
 (),
 -
 , / ; T - ,
 ()
), . / .

$$D=0,03 \quad / \quad .$$

$$_1=\sum_{i=1}^v\left(\sum_{i=1}^nV_{-i}+K\cdot V_{-i}\right)\cdot D\cdot T, \tag{17.7}$$

$$n -$$

$$; \, v -$$

$$; \, i -$$

$$; \, V -$$

$$i-$$

$$, \quad \cdot \quad .; \, V -$$

$$,$$

$$\cdot \quad .$$

$$,$$

$$\cdot$$

$$, \quad :$$

$$_2 = _1 \cdot \cdot (\cdot _\varphi -1), \tag{17.8}$$

$$_1 -$$

$$; \quad = 1,3 -$$

$$; \quad -$$

$$,$$

$$\cdot \quad .1$$

$$\operatorname{tg} .$$

$$\cdot$$

$$_2=0$$

$$\cos ,$$

$$\cos = 0,97$$

$$(\operatorname{tg} = 0,25).$$

$$(\, _2 > 0),$$

$$\cos .$$

$$:$$

$$\operatorname{tg} = V /W, \tag{17.9}$$

$V = -$
 \cdot ; $W =$,

$\text{tg} = 2,00$

$\text{tg} = 2,00.$

,

.

18.1.

()
18.1.)

(.

18.1.

1. 2. , 3. , 4. , (, (5. , , 6. , 7. ,	
. 1 – 7	
8. 9. 10. , , 11. 12.	
(3%)	

-

:

$$= \left(1 + \frac{\quad}{100} + \frac{\quad}{100}\right), \tag{18.3}$$

- ; - , ,
5-12%

;

-

,

.

15-25%

.

,

,

35-50%.

$$\vdots$$
$$\begin{aligned} & - \quad , \quad -95 \quad . \quad ./ \quad ; \\ & - \quad -52 \quad . \quad ./ \quad ; \\ & - \quad -40 \quad ./ \quad ; \\ & - \quad , \quad , \quad , \quad -32 \quad . \\ & ./ \quad ; \\ & - \quad -6-12 \quad . \quad ./ \quad . \end{aligned}$$

1

. 18.2.

18.2.

/		-		,		, %	, %	,

5-15 . .,

$$\begin{aligned}
 & \quad , \\
 & \quad , \\
 & \quad , \\
 & \quad (\quad) \quad (\quad) \\
 & \quad : \\
 & \quad = Q \, l \quad , \quad (18.4) \\
 & \quad = Q \, l \quad , \quad (18.5)
 \end{aligned}$$

$Q, Q -$

$$\begin{aligned}
 & (\quad - \\
 &) \\
 & ; l, l -
 \end{aligned}$$

V

$$, \quad ; \quad - \quad ,$$

1,25 – 1,35.

-

$$\begin{aligned}
 & - \\
 & (\quad) \\
 & - \quad (\quad); \\
 & - \quad (\quad); \\
 & - \quad (\quad); \\
 & - \quad (\quad)
 \end{aligned}$$

.

:

-

-

— , —

— ;

— , —

— .

— .

— () —

— ,

— ,

— .

— () ; ;

— :

() ; () ;

() ; () . ,

— :

= , (18.6)

— ,

— .

— ,

— .

$$Q = Q_{nm} , \tag{18.7}$$

$$Q^{\Sigma} = Q_k + Q_m + Q_o , \tag{18.8}$$

Q — — ; n —

— ; m — ;

Q — ,

:

$$Q = \frac{Q^\Sigma}{}, \tag{18.9}$$

:

$$Q = 0,1Q^{12}, \tag{18.10}$$

Q – ; –

.

. 18.3,

18.3.

-

								, -								
		, .														
					n	n	n_o	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q

, , ,

:

—

;

—

;

—

;

—

;

—

.

，
： （ ） 。 ，

$$= \left(1 + \frac{\quad}{100}\right), \tag{18.11}$$

— , %.

15–25%

3 .

$$= 0,8 \left(1 + \frac{\quad}{100}\right), \tag{18.12}$$

0,8 — ,
;

80-90% 3 ;

$$= \frac{\quad}{100\%}, \tag{18.13}$$

— ; — .

$$= \frac{100\%}{\quad}, \tag{18.14}$$

— , .

(. 18.4).

， ， ， ．

18.4.

3. — — —	20 15 10
4. — — ， ， ， ， ， ，	5 2
5.	5
6. ， ，	4
12.	5

15-20% .

18.5.

18.5.

	， .	%
		100%

18.2. -

()

,

.

:

$$\Delta = \cdot \Delta Q + \cdot \Delta + \cdot \Delta + \Delta + \Delta, \quad (18.15)$$

- ; Q -

;

- ; -

;

-

,

,

,

"

".

,

,

,

,

,

,

$$\begin{aligned}
 & \cdot \quad , \\
 & \cdot \quad , \quad \cdot \\
 & \quad , \\
 & \quad : \\
 & \quad = \quad - \quad , \quad (18.16)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \quad , \\
 & \quad : \\
 & \quad = \quad - \quad , \quad (18.17) \\
 \Delta \quad - \quad ,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \quad \cdot \\
 & \quad , \\
 & \quad , \quad , \\
 & \quad : \\
 & \quad = \quad + \quad - \quad , \quad (18.18)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \quad - \\
 & \quad , \\
 & \quad : \\
 & \quad = \quad + \quad , \quad (18.19) \\
 & \quad -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \quad : \\
 & \quad = \quad + \quad , \quad (18.20)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta \quad - \quad , \\
 \cdot \\
 (\quad)
 \end{aligned}$$

\vdots

$$= \sum_{t=1}^T \frac{t}{(1+r)^t} - \quad , \tag{18.21}$$

— ; $t -$; — ; — , ; — , . , = . ≥ 0 .

— , . , : ,

$$= \frac{\quad}{t} , \tag{18.22}$$

2155-93 « »

» , , , . , , t :
$$t = \Delta_t - (t + \cdot) + \tag{18.23}$$

$\Delta_t -$ $t -$; $t -$; — , , ; — ; — , .

,
 :

$$= (\quad + \quad) - \quad (18.24)$$
 —
 ,
 ,
 ; —
 ,
 ,
 ; —
 ,
 ;
 —

:

$$= (V_{NO} n_{NO} + V_O n_{CO} + V_{SO} n_{SO}) \quad (18.25)$$
 —
 ; V_{NO}, V_O, V_{SO} —
 ,
 ,
 ,
 ;
 ; n_{NO}, n_{CO}, n_{SO} —
 , NO_x ,
 , S_2 .

$$\begin{aligned}
 NO_x &= 1330 \quad . \quad 1 \quad ; \\
 &= 51 \quad . \quad 1 \quad ; \\
 S_2 &= 4273 \quad . \quad 1 \quad .
 \end{aligned}$$

,
 ,
 ,
 :

$$= 0,7 \frac{\quad}{10000} \quad (18.25)$$

—
 —
 ,
 “
 ,
 ” .1.1-7-2000; —

， “
 ，
 ” .1.1-7-2000.
 =100%.

:

$$=\overline{\sum(\Delta +)} \quad (18.26)$$

1.
 . - . : . -
 - , 1992.
2. /
 , - . : , 1980.
3. .
 ” ” 4
 8.090603 ”
 . / ,
 : , 2002. – 73 .
4. . , .
 : . . - : , 2008. – 144 .
5. : 2 .
 2. / - :
 , 1987. – 592 .
6. . , .
 . - : , 2010, -408 .
7. .
 8.090603 “ ”
 7.090603* “ ”.
 / : . . , . . , . . -
 : , 2003. – 103 .
8. . , . , . :
 :
 . - : , 2007.-231 ., 42 ., 46 .
9. . , .
 :
 . - : , 2007.

.1.

%

i										
						, , . %				
	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
	60	50	30	10	0	50	50	30	10	0
	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
0,5	24	22	20	17	16	30	30	23	20	18
0,6	34	32	26	23	21	37	36	30	27	26
0,7	42	39	34	30	29	42	40	33	31	29
0,8	46	44	38	34	33	45	43	37	34	33
0,9	49	47	41	37	36	47	45	40	37	35
1,0	51	49	43	39	37	49	47	41	40	38
1,1	53	40	45	41	39	54	50	43	42	40
1,25	56	52	47	43	41	55	53	47	44	42
1,5	60	55	50	46	44	59	56	50	48	45
1,75	63	58	53	48	44	59	56	50	48	45
2	66	60	55	54	49	67	60	56	53	50
2,25	68	62	57	53	54	69	62	57	54	52
2,5	70	64	59	55	53	71	63	59	57	53
3	73	66	62	58	56	73	66	60	58	56
3,5	76	68	64	61	59	75	67	61	58	56
4	76	70	66	62	60	77	69	63	61	58
5,81	73	69	64	62	79	70	66	63	60	

.2.

	.	,
1		300
2		500
3		75
4		500
5		200
6		200
7		300
8		300
9		300
10		500

.3.

5	1,5	1,7
	1,3	1,5

.4.

,	,
25	250
40	400
60	630
100	1300
200	2800
5	250
8	400
12	630
15	900
20	1200
24	1500
30	1900
()	
125	5900
250	13000
400	22000
700	40000
1000	57000
32	3320
42	4420
85	8840
220	22240

1.

						. . %	. . %
				.	.		
– 25	25	6; 10	0,23; 0,4	0,125	0,6	4,5	3,2
– 40	40	6; 10	0,23; 0,4	0,18	0,88	4,5	3
– 63	63	6; 10	0,23; 0,4	0,265	1,28	4,5	2,8
– 100	100	6; 10	0,23; 0,4	0,365	1,97	4,5	2,6
– 160	160	6; 10	0,23; 0,4	0,54	2,65	4,5	2,4
– 250	250	6; 10	0,23; 0,4	1,05	3,7	4,5	2,3
– 400	400	6; 10	0,23; 0,4	1,45	5,5	4,5	2,1
– 630	630	6; 10	0,23; 0,4	2,27	7,6	5,5	2
– 1000	1000	6; 10	0,23; 0,4	3,3	12,7	5,5	3
– 1600	1600	6, 10	0,4; 6,3	3,8	16,5	5,5	1,3

2.

	1		x_0 , q_0 1			
	20 °		6		10	
			x_0 , /	q_0 , /	x_0 , /	q_0 , /
10	1,84	3,1	0,11	2,3	–	–
16	1,15	1,94	0,102	2,6	0,113	5,9
25	0,74	1,24	0,091	4,1	0,099	8,6
35	0,52	0,89	0,087	4,6	0,095	10,7
50	0,37	0,62	0,083	5,2	0,09	11,7
70	0,26	0,443	0,08	6,6	0,086	13,5
95	0,194	0,326	0,078	8,7	0,083	15,6
120	0,153	0,258	0,076	9,5	0,081	16,9
150	0,122	0,206	0,074	10,4	0,079	18,3
185	0,099	0,167	0,073	11,7	0,077	10
240	0,077	0,129	0,071	13	0,075	21,5

3.

-0,38...10

$\gamma, \quad 2^\circ$	$r_0, \quad / \quad 20^\circ$	0,38	6 10
		$x_0, \quad /$	$x_0, \quad /$
16/2,7	1,801	0,356	0,383
25/4,2	1,176	0,343	0,370
35/6,2	0,790	0,331	0,358
50/8,0	0,603	0,323	0,350
70/11	0,429	0,312	0,339
95/16	0,306	0,301	0,328
120/19	0,249	0,249	0,321
150/24	0,199	0,387	0,313

4.

-35...150

$\gamma, \quad 2^\circ$	$r_0, \quad / \quad 20^\circ$	35		110		150	
		$x_0, \quad /$	b_0, \quad	$x_0, \quad /$	b_0, \quad	$x_0, \quad /$	b_0, \quad
70/11	0,429	0,432	2,625	0,444	2,547	0,460	2,459
95/16	0,306	0,421	2,694	0,434	2,611	0,450	2,513
120/19	0,249	0,414	2,744	0,427	2,651	0,441	2,568
150/24	0,198	0,406	2,796	0,420	2,699	0,434	2,608
185/29	0,162	0,400	2,839	0,414	2,739	0,429	2,639
205/27	0,143	0,397	2,863	0,411	2,762	0,426	2,660
240/32	0,121	0,392	2,904	0,405	2,800	0,420	2,702
300/39	0,097	0,385	2,956	0,399	2,848	0,413	2,747

1.

	$t, ^\circ\text{C}$	$V, \text{ м}^3$	$/(\text{ м}^3 \cdot \text{с})$	
			q	q
	18	<3	0,49	
		5	0,44	
		10	0,41	
		15	0,38	
		20	0,36	
		25	0,35	
		30	0,325	
		>30	0,30	
	16	<5	0,5	0,1
		10	0,44	0,09
		15	0,41	0,08
		>15	0,37	0,19
	20	<5	0,44	0,13
		>5	0,395	0,12
	20	<5	0,465	
		10	0,42	0,29
		15	0,37	0,27
		>15	0,35	0,255
	20	<5	0,465	0,34
		10	0,42	0,325
		15	0,37	0,30
		>15	0,35	0,29
	20	<5	0,45	0,105
		10	0,41	0,09
		>10	0,38	0,08
	16	<10	0,41	
		15	0,38	0,12
		20	0,35	0,09
		>20	0,34	0,09
	16	<5	0,41	0,81
		10	0,38	0,76
		>10	0,35	0,70

2.

	$t, ^\circ\text{C}$	$V, \text{ m}^3$	$/(\text{ m}^3)$	
			q	q
	14	10...50	0,35...0,29	1,28...1,17
		50...100	0,29...0,25	1,17...1,86
		100...150	0,25...0,21	1,86...0,94
	14	10...50	0,35...0,29	1,11...0,97
		50...100	0,29...0,25	0,97...0,86
		100...150	0,25...0,21	0,86...0,81
	14	<10	0,465...0,35	0,81... 0,70
		10...50	0,35...0,29	0,70...0,58
		50...100	0,29...0,17	0,58...0,35
	14	<10	0,465...0,35	1,51...1,40
		10...30	0,35...0,29	1,40...1,16
		30...75	0,29...0,17	1,16...0,70
	16	5...10	0,64...0,52	0,465...0,29
		10...50	0,52...0,465	0,29...0,17
		50...100	0,465...0,44	0,17...0,14
		100...200	0,44...0,41	0,14...0,09
	16	<5	0,70...0,64	0,70...0,58
		5...10	0,64...0,52	0,58...0,52
		10...50	0,52...0,465	0,52...0,462
	16	50...100	0,44...0,41	0,62...0,52
		100...150	0,41...0,35	0,52...0,41
	16	5...10	0,70...0,58	0,23...0,17
		10...20	0,58...0,52	0,17...0,12
	16	1	0,70	-
		3	0,64	-
		5	0,58	-
		10	0,41	-
	18,16	0,5...1	0,70...0,52	-
		1...2	0,52...0,465	-
		2...5	0,465...0,38	0,16...0,14
		5...10	0,38...0,35	0,14...0,13
		10...20	0,35...0,29	0,13...0,12

3.

	t=65°
, ,	110 - 130 /(.)
	80 - 130 /(.)
	40 - 50 /(.)
	50 - 60 /(.)
, ()	150 – 180 /(.)
	5 /
	270 /(.)
	140 – 170 /
	20 – 25 /
-	80 – 100 /(.)
	7 /
-	25 /
,	30 /
:	4 / 250-300 / .
:	150 – 200 / 250 – 300 / 250 – 350 /

1.

		= + t, / °
1		2
1.	,	0,075+0,0001 t
2.	,	0,05+0,00019 t
3.		0,112+0,00022 t
4.		0,103+0,00026 t
5.	()	0,112+0,00022 t
6.	()	0,08+0,00017 t
7.	250	0,069+0,00019 t
8.	300	0,075+0,00019 t
9.		0,103+0,00019 t
10.		0,112+0,00019 t
11.		0,112+0,00019 t
12.	300	0,063+0,00013 t
13.	500	0,1+0,00019 t
14.	600	0,12+0,00019 t
15.	- 200	0,059+0,00013 t
16.	100	0,038+0,00017 t
17.	125	0,042+0,00017 t
18.	75	0,037+0,00018 t
19.		0,034+0,00022 t
20.	50	0,0362+0,00024 t
21.		0,0948+0,000258 t
22.	-1 100	0,037+0,000163 t
23.		0,06
24.		0,043
25.	300	0,066+0,000159 t
26.	350	0,069+0,000159 t
27.		0,038+0,000181 t
100		
28.	125	0,04+0,000159 t
29.	250	0,048+0,000159 t
30.	75	0,038+0,000198 t
31.		0,042+0,00017 t
150		

1.

1	2
32. 200	0,044+0,000159 t
33. 200	0,048+0,000159 t
34. 250	0,05+0,000159 t
35. 300	0,052+0,000159 t
$t = (t + 40)/2, \quad t -$	

2.

1.	1,3-1,5
2.	1,6-1,8
3. 30-50%	1,7-2,1
4. 75 %	3,5
5.	3,0-5,0
6. (10-15%)	1,4-1,6
7. 20-30%	1,9-2,9
8. (40-60%)	3,0-4,5

3.

(q)

, / /

				-	-
Ø15		21,74	13,91	16,72	11,70
		8,45	1,27	13,98	9,21
Ø20		27,35	17,50	21,04	14,73
		10,63	1,60	17,59	11,59
Ø25		34,19	21,88	26,30	18,41
		13,29	2,00	21,98	14,49
Ø32		43,17	27,63	33,21	23,24
		16,78	2,52	27,76	18,30

4.

(q)

, / /

				-	-
Ø15		23,07	15,12	18,39	13,38
		9,21	1,27	15,57	10,80
Ø20		29,03	19,02	23,14	16,83
		11,59	1,60	19,59	13,59
Ø25		36,29	23,77	28,93	21,04
		14,49	2,00	24,48	16,99
Ø32		45,82	30,02	36,53	26,56
		18,30	2,52	30,91	21,45

5.

1

d,	$\Theta, ^\circ$	1, / , 1°									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	30	17,6	18,4	19,1	19,8	20,6	21,2	22,0	22,7	23,5	24,2
20		21,3	22,2	23,0	23,9	24,8	25,7	26,6	27,4	28,4	29,2
25		25,3	26,3	27,3	28,4	29,4	30,4	31,5	32,5	33,6	34,7
16	40	24,9	25,7	26,5	27,2	27,9	28,7	29,5	30,3	31,0	31,8
20		30,1	31,0	32,0	32,8	33,8	34,7	35,6	36,5	37,5	38,4
25		35,7	36,8	37,8	39,0	40,1	41,1	42,2	43,3	44,5	45,6

6.

1

d,	$\Theta, ^\circ$	1, / , 1°									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	30	15,9	16,5	17,2	17,8	18,5	19,1	19,8	20,5	21,2	21,8
20		18,7	19,5	20,3	21,1	21,8	22,6	23,4	24,2	24,9	25,7
25		21,8	22,6	23,5	24,4	25,3	26,1	27,1	27,9	28,9	29,8
16	40	22,4	23,1	23,8	24,5	25,2	25,9	26,6	27,3	27,9	28,6
20		26,5	27,3	28,1	28,9	29,8	30,5	31,4	32,2	33,0	33,8
25		30,7	31,6	32,6	33,5	34,4	35,3	36,3	37,2	38,2	39,2

.7.

/		/(² .)	
1	2	3	4
1		1,92	20,3
2		1,74	1,86
3		0,813	0,93
4			0,33
5		0,697	0,713

. 7.

1	2	3	4
6		0,64	0,755
7	- , -	0,35	0,407
8		0,051	0,055
9		0,049	0,052
10		0,072	0,076
11		0,209	0,256
12		0,128	0,14
13	, ,	0,697	0,814
14		0,755	0,871
15			0,23
16	-	0,755	0,93
17	-	0,697	0,814
18			0,58
19			1,16
20	(0,14	0,175
21)		0,29

.8.

(,

,)

		$R_0,^2$. /
1	,	0,23
2		0,2
3	,	0,46
4		0,42
5	,	0,51
6		0,46
7		0,65
8	194×194×98	0,42
9	6	0,22

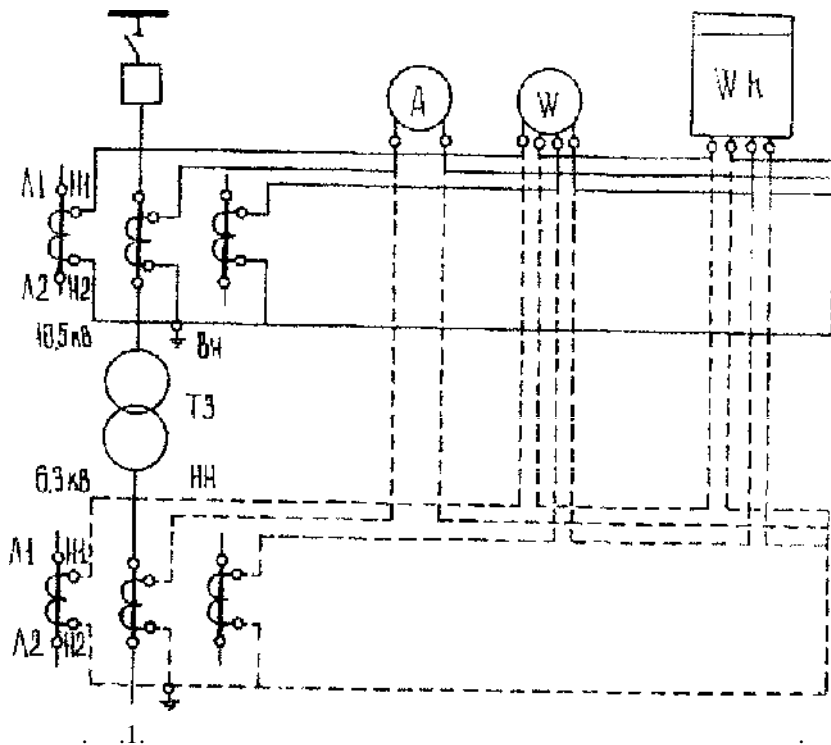
.
 184 ,
 1012 , , , – 173 .
 , , , ;
 110 – ;
 10 – ,
 .
 . 1.
 [5].

.1.

	–335	1,0	0,5	0,5	0,5
	–350	1,5	0,5	–	0,5
	–345	1,5	0,5	–	0,5
	3	1,0	2,5	–	2,5
	4	1,5	2,5	–	2,5
	–	–	6,5	0,5	6,5
	–	–	0,5	0,5	0,5
	–	–	3,0	0,5	3,0
	–	–	5,5	0,5	5,5

. .1 , ,
 ,
 , ,

$-110 -1- 1,$
 $-200 ,$
 $-10-3- 3, -10$
 $1 = 1500$



. 1

- 6,5 ,

- 3,0 .

$$r = S / I^2 = 3,0 / 5^2 = 0,12$$

$$r = Z - r$$

$Z = 4 - 0,12 - 0,1 = 3,78$

4² (),

-4. $L = 160$:

$r = \rho \cdot L / F = 0,0283 \times 160 / 4 = 1,13$,

$\rho = 0,0283$ - , $F = 160 / 4 = 40$, $r = 1,13$:

$r = r_1 + r_2 + r_3 = 0,12 + 0,1 + 1,13 = 1,35 > 0,8$,

0,5.

2.

$U \leq U$	110	110
$I \leq I$	184	200
$i \leq i$	14,02	41
$\leq I^2 \cdot t$	2,89 ²	3 ² ×3=27 ²
$Z \leq Z$	1,35	0,8

$-110 -1 - 1$

$Z \leq Z$

3 4.

$-10-3- 3 1500/5,$

$-10-3- 3 200/5.$

.3.

$U \leq U$	10	10
$I \leq I$	1012	1500
$i \leq i$	16,49	52
$\leq I^2 \cdot t$	$6,36^2$	$31,52 \times 3 = 2977^2$
$Z \leq Z$	0,4	0,4

.4.

$U \leq U$	10	10
$I \leq I$	173	200
$i \leq i$	16,49	52
$\leq I^2 \cdot t$	$6,36^2$	$20^2 \times 3 = 400^2$
$Z \leq Z$	0,38	0,4

.1.

tg .

tg		tg		tg		tg	
1	2	3	4	5	6	7	8
0,01	1,0000	0,51	1,0676	1,01	1,5776	1,51	2,5876
0,02	1,0000	0,52	1,0729	1,02	1,5929	1,52	2,6129
0,03	1,0000	0,53	1,0784	1,03	1,6084	1,53	2,6384
0,04	1,0000	0,54	1,0841	1,04	1,6241	1,54	2,6641
0,05	1,0000	0,55	1,0900	1,05	1,6400	1,55	2,6900
0,06	1,0000	0,56	1,0961	1,06	1,6561	1,56	2,7161
0,07	1,0000	0,57	1,1024	1,07	1,6724	1,57	2,7424
0,08	1,0000	0,58	1,1089	1,08	1,6889	1,58	2,7689
0,09	1,0000	0,59	1,1156	1,09	1,7056	1,59	2,7956
0,10	1,0000	0,60	1,1225	1,10	1,7225	1,60	2,8225
0,11	1,0000	0,61	1,1296	1,11	1,7396	1,61	2,8496
0,12	1,0000	0,62	1,1369	1,12	1,7569	1,62	2,8769
0,13	1,0000	0,63	1,1444	1,13	1,7744	1,63	2,9044
0,14	1,0000	0,64	1,1521	1,14	1,7921	1,64	2,9321
0,15	1,0000	0,65	1,1600	1,15	1,8100	1,65	2,9600
0,16	1,0000	0,66	1,1681	1,16	1,8281	1,66	2,9881
0,17	1,0000	0,67	1,1764	1,17	1,8464	1,67	3,0164
0,18	1,0000	0,68	1,1849	1,18	1,8649	1,68	3,0449
0,19	1,0000	0,69	1,1936	1,19	1,8836	1,69	3,0736
0,20	1,0000	0,70	1,2025	1,20	1,9025	1,70	3,1025
0,21	1,0000	0,71	1,2116	1,21	1,9216	1,71	3,1316
0,22	1,0000	0,72	1,2209	1,22	1,9409	1,72	3,1609
0,23	1,0000	0,73	1,2304	1,23	1,9604	1,73	3,1904
0,24	1,0000	0,74	1,2401	1,24	1,9801	1,74	3,2201
0,25	1,0000	0,75	1,2500	1,25	2,0000	1,75	3,2500
0,26	1,0001	0,76	1,2601	1,26	2,0201	1,76	3,2801
0,27	1,0004	0,77	1,2704	1,27	2,0404	1,77	3,3104
0,28	1,0009	0,78	1,2809	1,28	2,0609	1,78	3,3409
0,29	1,0016	0,79	1,2916	1,29	2,0816	1,79	3,3716
0,30	1,0025	0,80	1,3025	1,30	2,1025	1,80	3,4025
0,31	1,0036	0,81	1,3136	1,31	2,1236	1,81	3,4336
0,32	1,0049	0,82	1,3249	1,32	2,1449	1,82	3,4649
0,33	1,0064	0,83	1,3364	1,33	2,1664	1,83	3,4964
0,34	1,0081	0,84	1,3481	1,34	2,1881	1,84	3,5281

. 1.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
0,35	1,0100	0,85	1,3600	1,35	2,2100	1,85	3,5600
0,36	1,0121	0,86	1,3721	1,36	2,2321	1,86	3,5921
0,37	1,0144	0,87	1,3844	1,37	2,2544	1,87	3,6244
0,38	1,0169	0,88	1,3969	1,38	2,2769	1,88	3,6569
0,39	1,0196	0,89	1,4096	1,39	2,2996	1,89	3,6896
0,40	1,0225	0,90	1,4225	1,40	2,3225	1,90	3,7225
0,41	1,0256	0,91	1,4356	1,41	2,3456	1,91	3,7556
0,42	1,0289	0,92	1,4489	1,42	2,3689	1,92	3,7889
0,43	1,0324	0,93	1,4624	1,43	2,3924	1,93	3,8224
0,44	1,0361	0,94	1,4761	1,44	2,4161	1,94	3,8561
0,45	1,0400	0,95	1,4900	1,45	2,4400	1,95	3,8900
0,46	1,0441	0,96	1,5041	1,46	2,4641	1,96	3,9241
0,47	1,0484	0,97	1,5184	1,47	2,4884	1,97	3,9584
0,48	1,0529	0,98	1,5329	1,48	2,5129	1,98	3,9929
0,49	1,0576	0,99	1,5476	1,49	2,5376	1,99	4,0276
0,50	1,0625	1,00	1,5625	1,50	2,5625	2,00	4,0625